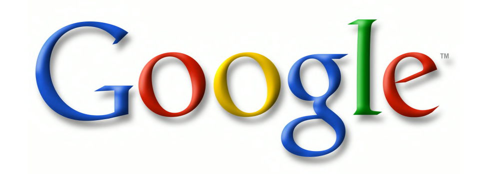
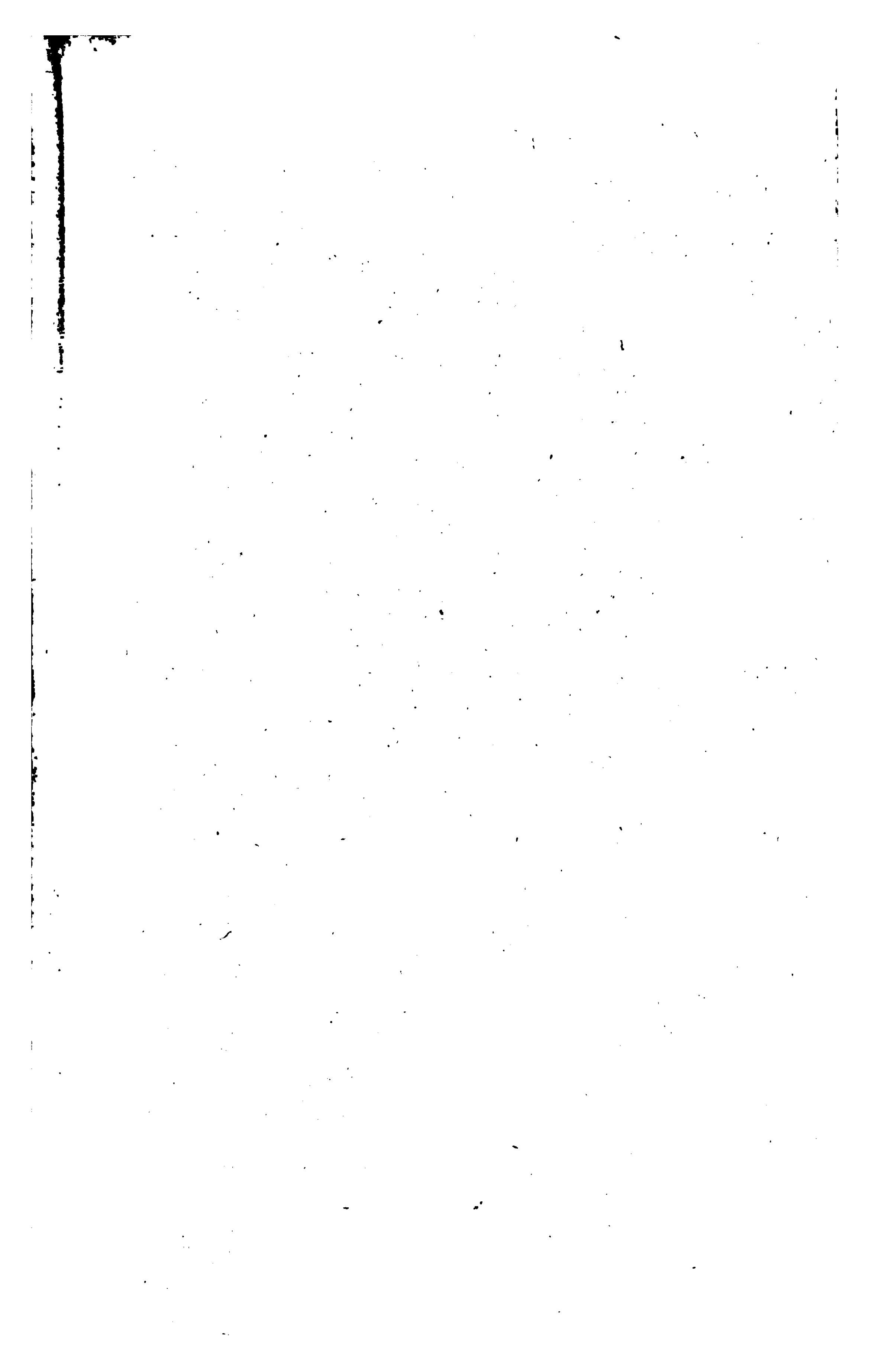
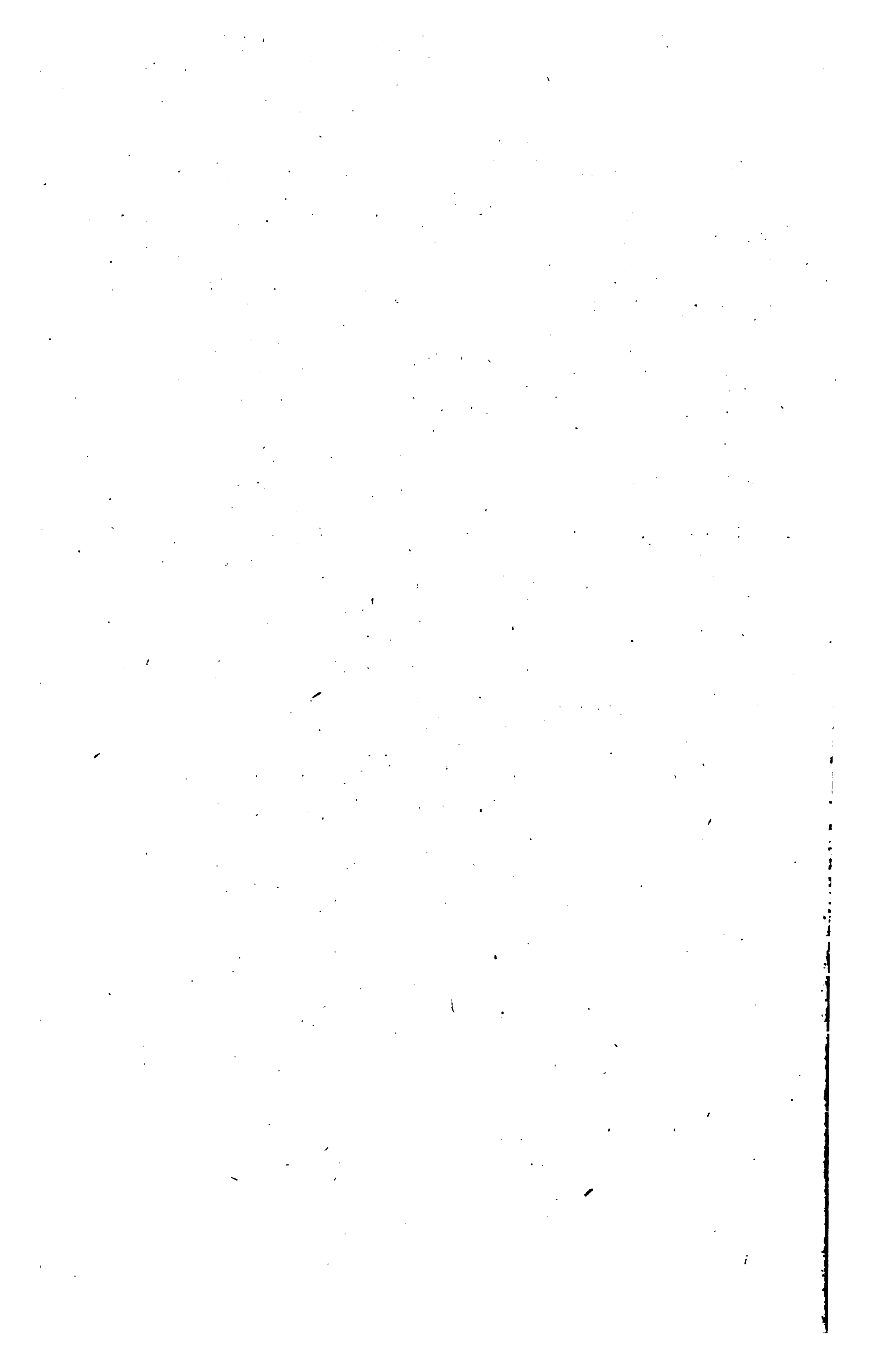






SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

ACHTUNDNEUNZIGSTER BAND.

WIEN, 1890.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI F. TEMPSKY,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

XCVIII. BAND. ABTHEILUNG III.

JAHRGANG 1889. — HEFT I BIS X.

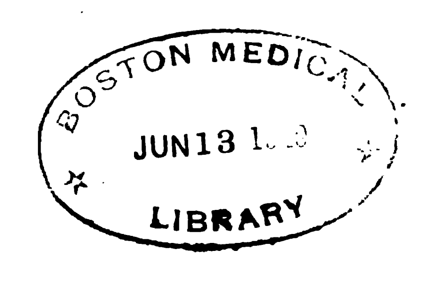
(Mit 17 Tafeln und 21 Textfiguren.)

WIEN, 1890.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI F. TEMPSKY,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.


BOSTON MEDICAL
JUN13
LIBRARY

INHALT.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XCVIII. Band. I. Heft.

ABTHEILUNG III.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie, des Menschen und der Thiere; sowie aus jenem der theoretischen Medicin.

I. SITZUNG VOM 10. JÄNNER 1889.

Der Secretär legt das erschienene Heft VI. und VII. (Juni-Juli 1888) der I. Abtheilung der Sitzungsberichte vor.

Herr Prof. Govi in Neapel dankt für die geschenkweise Überlassung eines Exemplares des „Canon der Finsternisse", von Th. v. Oppolzer. (Denkschriften Bd. 52.)

Das c. M. Herr Prof. L. Gegenbauer in Innsbruck übersendet eine Abhandlung: „Über diejenigen Theiler einer ganzen Zahl, welche eine vorgeschriebene Grenze überschreiten."

Das c. M. Herr Prof. G. v. Escherich in Wien übersendet eine Abhandlung von Dr. W. Wirtinger, d. Z. in Berlin: „Beitrag zur Theorie der homogenen linearen Differentialgleichungen mit algebraischen Relationen zwischen den Fundamentalintegralen."

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. „Über die Wirkung der Selbstinduction bei elektromagnetischen Stromunterbrechern," von Prof. Dr. V. Dvořák in Agram.
2. „Beiträge zur Aufhellung der Moll-Theorie," von Herrn Joachim Steiner, k. k. Hauptmann in Mährisch-Weisskirchen.

Ferner legt der Secretär zwei versiegelte Schreiben behufs Wahrung der Priorität von Dr. Justinian Ritter v. Froschauer in Wien vor. Dieselben enthalten nach Angabe des Einsenders Untersuchungen, und zwar das erste über chemische Agen-

tien, welche die Disposition für Milzbrand beeinflussen; das zweite über das latente Leben und den Stoffwechsel.

Das w. M. Herr Hofrath Director J. Hann überreicht eine Abhandlung: „Untersuchungen über den täglichen Gang des Barometers".

Das c. M. Herr Prof. M. Neumayr in Wien überreicht eine Arbeit: „Über die Herkunft der Unioniden."

Herr Dr. Carl Diener, Privat-Docent an der k. k. Universität in Wien, überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Zum Gebirgsbau der Centralmasse des Wallis."

II. SITZUNG VOM 17. JÄNNER 1889.

Das w. M. Herr Prof. C. Toldt übersendet eine Abhandlung des Herrn Dr. W. L. Gruber, emerit. Professor und Director des Instituts für praktische Anatomie in St. Petersburg, d. Z. in Wien: „Monographie über den Flexor digitorum brevis pedis und der damit in Beziehung stehenden Plantarmusculatur bei dem Menschen und bei den Säugethieren."

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. C. Freih. v. Ettingshausen übersendet die dritte Fortsetzung und den Schluss seiner in Gemeinschaft mit Herrn Prof. Franz Krašan in Graz verfassten Abhandlung: „Beiträge zur Erforschung der atavistischen Formen an lebenden Pflanzen und ihrer Beziehungen zu den Arten ihrer Gattung."

Das c. M. Herr Prof. Richard Maly an der k. k. deutschen Universität in Prag übersendet eine Abhandlung: „Über die bei der Oxydation von Leim mit Kaliumpermanganat entstehenden Körper und über die Stellung von Leim zum Eiweiss."

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. „Über die Steiner'schen Mittelpunktscurven". (II. Mittheilung), von Dr. Carl Bobek, Docent an der k. k. deutschen technischen Hochschule in Prag.
2. „Zur Theorie der Doppelintegrale expliciter irrationaler Functionen";

3. „Zur Lehre der Fuchs'schen Functionen erster Familie";
4. „Über die Gestalt zweizügiger Curven dritter Ordnung";
5. „Bemerkungen zur Bestimmung des Potentials endlicher Massen".

Die letztgenannten vier Mittheilungen von Dr. Otto Biermann, Docent an der k. k. deutschen Universität in Prag.

Ferner überreicht der Secretär eine Abhandlung des Herrn Carl Pettersen in Tromsö, betitelt: „In anstehenden Fels eingeschnittene Strandlinien".

Herr Dr. Hans Molisch, Docent an der k. k. Wiener Universität und Assistent am pflanzenphysiologischen Institute, überreicht eine vorläufige Mittheilung: „Über die Ursachen der Wachsthumsrichtungen bei Pollenschläuchen".

III. SITZUNG VOM 24. JÄNNER 1889.

Das w. M. Herr Regierungsrath Prof. E. Mach in Prag übersendet eine in Gemeinschaft mit Prof. Dr. P. Salcher in Fiume ausgeführte Arbeit: „Über die in Pola und Meppen angestellten ballistisch-photographischen Versuche.“

Das c. M. Herr Prof. Rich. Maly in Prag übersendet folgende zwei Abhandlungen:

1. „Zur Kenntniss der sogenannten Senfölessigsäure und der Rhodaninsäure“, von Rudolph Andreasch, Lehrer an der k. k. Staatsoberrealschule in Währing (Wien).

2. „Über eine neue Synthese der Rhodaninsäure“, von Julian Freydl, Assistenten an der k. k. technischen Hochschule in Graz.

Das c. M. Herr Prof. G. v. Escherich übersendet eine Abhandlung des Lehramtscandidaten Emil Kohl in Wien: „Über die Lemniscatentheilung.“

Herr Prof. P. C. Puschl, Capitularpriester in Seitenstetten, übersendet eine Abhandlung: „Über die specifische Wärme und die inneren Kräfte der Flüssigkeiten.“

Herr Ludwig Grossmann in Wien übermittelt ein versiegeltes Schreiben behufs Wahrung der Priorität, welches die Aufschrift führt: „Allgemeine Integration der linearen Differentialgleichungen höherer Ordnung.“

Das w. M. Herr Hofrath J. Schmarda überreicht eine Abhandlung von Dr. Alfred Nalepa, Professor an der k. k. Lehrerbildungsanstalt in Linz, betitelt: Beiträge zur Systematik der Phytopten.“

Das w. M. Herr Prof. E. Weyr überreicht eine Abhandlung des Regierungsrathes Prof. Dr. F. Mertens in Graz, unter dem Titel: Beweis der Darstellbarkeit irgend eines ganzen invarianten Gebildes einer binären Form als ganze Function einer geschlossenen Anzahl solcher Gebilde.“

Ferner überreicht Herr Prof. Weyr eine Abhandlung von Dr. Friedrich Dingeldey in Darmstadt: „Über einen neuen topologischen Process und die Entstehungsbedingungen einfacher Verbindungen und Knoten in gewissen geschlossenen Flächen.“

Das w. M. Herr Prof. A. Lieben überreicht drei im chemischen Institute der k. k. Universität in Graz ausgeführte Untersuchungen unter dem gemeinschaftlichen Titel: „Zur Constitution der Chinaalkaloide“.

1. „Über das Chinin“, von Prof. Dr. Zd. H. Skraup.

2. „Über das Cinchonidin“, von phil. cand. Hans Schniderschitsch.

3. „Über das Chinidin“, von Dr. Julius Würstl.

Das w. M. Herr Director E. Weiss überreicht eine von Herrn Dr. F. Anton, Adjunct des astronomisch-meteorologischen Observatoriums in Triest, ausgeführte Breitenbestimmung jenes Institutes.

Das w. M. Herr Prof. V. v. Lang überreicht eine Abhandlung von Herrn Prof. Dr. Karl Exner: „Über eine Consequenz des Fresnel-Huyghens'schen Principes.“

Herr Dr. B. Igel, Docent an der k. k. technischen Hochschule in Wien, überreicht eine Abhandlung: „Über die associirten Formen und deren Anwendung in der Theorie der Gleichungen.“

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

K. k. Ackerbau-Ministerium, Die Forste der in Verwaltung des k. k. Ackerbau-Ministeriums stehenden Staats- und Fondsgüter. Im Auftrage des Ministers dargestellt vom k. k. Forstrathe Carl Schneider. II. Theil. Wien, 1889; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

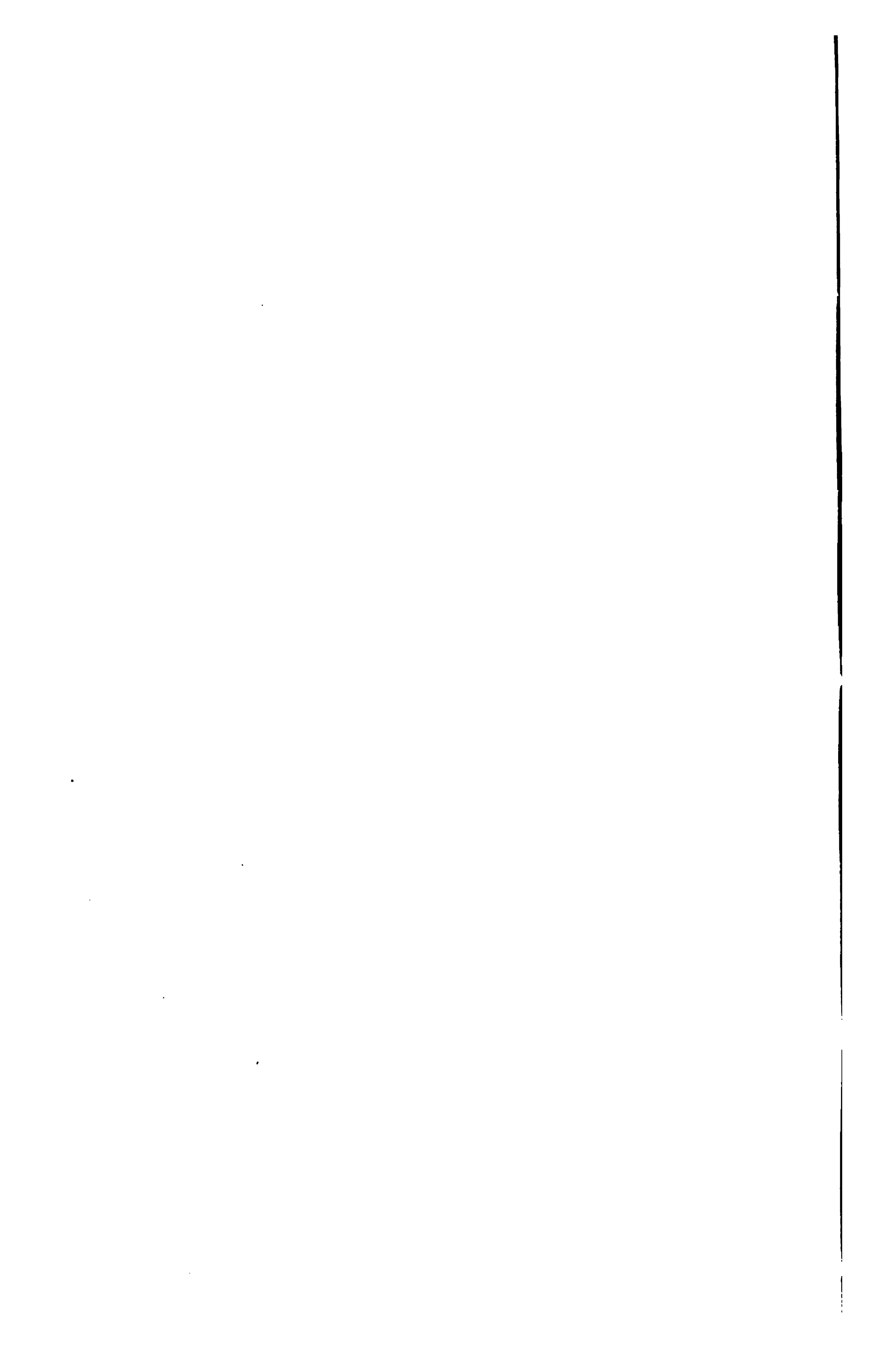
KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XCVIII. Band. II. Heft.

ABTHEILUNG III.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie, des Menschen und der Thiere; sowie aus jenem der theoretischen Medicin.



IV. SITZUNG VOM 7. FEBRUAR 1889.

Die Gesammtsitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften vom 31. Jänner l. J. wurde von Seiner Excellenz dem Präsidenten Ritter v. Arneth mit einer Ansprache eröffnet, in welcher derselbe mit schmerzbewegten Worten des unermesslichen Verlustes gedachte, den das Kaiserhaus, die Monarchie und die Wissenschaft durch den so urplötzlichen erschütternden Tod Seiner k. und k. Hoheit des

Durchlauchtigsten Kronprinzen Rudolph

erlitten. An eine kurze Schilderung seiner wahrhaft seltenen geistigen Begabung, seines regen Sinnes und feinen Verständnisses für eine glückliche Lösung der schwierigen Fragen der Zeit, seiner bezaubernden persönlichen Liebenswürdigkeit, seiner Begeisterung für die Interessen der Wissenschaft und seiner lebhaften Sympathien für die Träger derselben knüpft der Präsident den Antrag, als Zeichen der schmerzlichsten Trauer der Akademie um ihr dem Alter nach jüngstes, der Stellung nach aber hervorragendstes Ehrenmitglied, die Sitzung, ohne weiter auf die zu verhandelnden Geschäftsgegenstände einzugehen, zu schliessen.

Die Versammlung, welche stehend die Ansprache des Präsidenten entgegennahm, trennte sich in tiefer Bewegung.

Der Secretär legt die erschienenen Sitzungsberichte Bd. 97, Abtheilung III, Heft VII—X (Juli-December 1888), ferner Bd. 9, Heft X, (December 1888) der Monatshefte für Chemie vor.

Ferner legt der Secretär eine eingesendete Abhandlung des Ingenieurs F. Rogel, Assistent an der k. k. Staatsgewerbeschule in Graz: „Zur Theorie der Gamma-Function“ vor.

Herr Dr. Isidor Altschul, k. rumän. Bezirksarzt in Turn Severin, übermittelt ein versiegeltes Schreiben behufs Wahrung der Priorität, welches die Aufschrift führt: „Über das Verhältniss des Luftdruckes zur Elektricität“.

Der Secretär theilt aus einem ihm zugekommenen Schreiben des Geologen Dr. Ludolf Griesbach den wesentlichen Inhalt betreffs einer von demselben im Sommer v. J. in den Gebirgen zwischen Kabul und Ghazni unternommenen Forschungsreise mit.

Das c. M. Herr Prof. Sigm. Exner in Wien überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Das Netzhautbild des Insectenauges“.

Herr Dr. Eduard Freiherr v. Haerdtl, Privatdocent für Astronomie an der k. k. Universität zu Innsbruck, überreicht eine Abhandlung unter dem Titel: „Die Bahn des periodischen Kometen Winnecke in den Jahren 1858—1886“ (II. Theil).

Herr Dr. Oskar Simony, Professor an der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien, erstattet einen orientirenden Vorbericht über seine 1888 auf eigene Kosten unternommene Reise nach Tenerife behufs photographischer Aufnahmen des ultravioletten Endes des Sonnenspektrums vom Gipfel des Pik de Teyde (3711 *m*) sowie von der im Ostgehänge des Rambletakegels 3260 *m* hoch gelegenen Station Alta vista.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

A Manual of the Geology of India. Part IV. Mineralogy, by F. R. Mallet. Published by Order of the Government of India. Calcutta, 1887; 8°.

Voyage of H. M. S. Challenger 1873—1876. Report on the scientific results. Vol. XXVIII. Zoology. Published by Order of Her Majesty's Government, London, 1888; 4°.

Wüllerstorf-Urbair, B. Freih. v., Vermischte Schriften des k. k. Viceadmirals Bernhard Freiherrn von Wüllerstorf-Urbair. (Als Manuscript gedruckt.) Herausgegeben von seiner Witwe Ihrer Exc. Frau Leonie Wüllerstorf-Rothkirch. Graz, 1889; 8°.

Das Netzhautbild des Insectenauges

von

Prof. **Sigmund Exner,**

c. M. k. Akad.

Assistenten am physiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 2 Tafeln und 7 Textfiguren.)

Im Folgenden glaube ich die Controverse, ob die mit Facettenaugen begabten Thiere durch ein aufrechtes oder durch viele verkehrte Netzhautbilder sehen, zu Gunsten der ersten Alternative, also zu Gunsten der Theorie von J. Müller, entscheiden zu können, indem es mir gelungen ist, bei einem Insecte dieses aufrechte Bild zu demonstriren. Die Art, wie das Bild zu Stande kommt, weicht von der in der Müller'schen Theorie enthaltenen Auffassung beträchtlich ab, und erforderte ein eingehendes Studium, das eine eigenthümliche Form dioptrischer Bilderzeugung aufdeckte, welche, in diesem Insectenauge verwirklicht, sich künstlich nachahmen lässt, und der Berechnung zugänglich ist. Es soll dann weiter die Frage ventilirt werden, ob die für das eine Insect gefundenen Verhältnisse bei allen Facettenaugen vorausgesetzt werden dürfen, oder ob die Müller'sche Theorie in der ursprünglichen Form für einen Theil derselben bestehen bleibt.

Auch einiges physikalisches Interesse dürfte der von mir untersuchte dioptrische Apparat des Auges unseres Leuchtkäferchens beanspruchen. Er stellt nämlich — so wie er dem lebenden Thiere entnommen ist — eine Vorrichtung dar, welche ein reelles aufrechtes Bild entwirft, dessen Entfernung von den brechenden Medien zunimmt, wenn sich der abzubildende Gegenstand von derselben entfernt, deren beide Brenn-

punkte auf derselben Seite der brechenden Medien liegen, und die bei Durchtritt der Strahlen in entgegengesetzter Richtung ein virtuelles verkehrtes Bild entwirft, das zu den brechenden Medien dieselbe Lage hat, wie das erstgenannte aufrechte Bild. Das Auge hat keine Augenaxe im gewöhnlichen Sinne des Wortes, und das Netzhautbild liegt in einer der Wölbung des Auges parallelen Kugeloberfläche.

1. Historische Vorbemerkungen.

J. Müller hatte im Jahre 1826 eine Theorie über die Functionsweise des Auges der Insecten aufgestellt,[1] nach welcher diese Thiere ein aufrechtes Netzhautbild haben sollen, das im Gegensatze zu dem Netzhautbilde des Wirbelthierauges, nicht so sehr durch Sammlung der von je einem Punkte des Objectes ausgehenden Strahlen, als vielmehr durch Trennung der von verschiedenen Punkten des Objectes ausgehenden, zu Stande kommt.

In der That hatte J. Müller erkannt, dass die sogenannten zusammengesetzten Augen aus einer grossen Anzahl von Elementen bestehen, deren jedes, wir wollen es ein Facettenglied nennen, eine schwarz pigmentirte Röhre darstellt. Diese Röhren sind in radiärer Stellung auf einer mehr oder weniger vollkommenen Halbkugel aufgesetzt. Was immer die Röhre sonst noch enthalten mag, wenn ihr Inhalt nur durchsichtig ist, so muss an der Oberfläche der Halbkugel ein, wenn auch unvollkommenes aufrechtes Bild eines äusseren Gegenstandes entworfen werden, denn es leuchtet ein, dass auf den Grund jeder Röhre nur Lichtstrahlen gelangen können, welche näherungsweise in der Richtung jenes Kugelradius einfallen, um welchen diese Röhre eben aufsitzt. Strahlen, welche mit grösserer Neigung gegen den Radius, d. i. gegen die Axe der Röhre in dieselbe eindringen, treffen, ehe sie ihren Boden erreicht haben, die Wand derselben und werden von dem Pigmente, das hier liegt, absorbirt. Befindet sich aber auf dem Boden jeder Röhre ein nervöses Endorgan, d. h. ist die Kugeloberfläche von einer lichtempfindlichen Nervenausbreitung gebildet, so fungirt diese gegen das

[1] Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig 1826.

eindringende Licht convexe Netzhaut, wie die concave des Wirbelthierauges.

Dies in ihren wesentlichsten Zügen die Müller'sche Theorie vom musivischen Sehen und dem aufrechten Netzhautbilde.

Grüel und Gottsche[1] haben den Anstoss dazu gegeben, dass diese Theorie wieder fallen gelassen wurde, ja fast in Vergessenheit gerieth. Letzterer hatte die leicht zu bestätigende Beobachtung gemacht, dass man bei einem Fliegenauge unter passenden Umständen entsprechend jeder Facette der Hornhaut unter dem Mikroskope ein verkehrtes Bildchen eines äusseren Gegenstandes zu sehen bekommt, welches Bildchen übrigens schon Leeuvenhök und Anderen bekannt war. Eine Bemerkung, welche J. Müller zu der Mittheilung Gottsche's hiezufügte, mochte in den Lesern den Eindruck erweckt haben, dass der Schöpfer der Theorie des aufrechten Bildes angesichts der sichtbaren verkehrten Bildchen seine Theorie nicht mehr aufrecht erhalte; es folgte eine Anzahl vergleichend anatomischer und physiologischer Untersuchungen über das zusammengesetzte Auge, welche jenem verkehrten Bildchen Rechnung tragend, die Müller'sche Theorie bei Seite liegen liessen. Es muss das um so auffallender erscheinen, als die Forscher, welche sich mit dem Gegenstande beschäftigten, fast ausschliesslich Mikroskopiker waren, denen die Thatsache, dass jeder Fetttropfen, jede Luftblase u. w. ein mikroskopisches Bildchen entwirft, geläufig sein musste; es wäre also zu erwarten gewesen, dass dem Nachweise eines solchen in jeder Facette kein so grosses Gewicht der einleuchtenden Müller'schen Theorie gegenüber zugewiesen werde, um so mehr, wenn man erwägt, unter welch bedenklichen Umständen Gottsche sein Bildchen demonstrirte.[2]

So kam es, dass im Jahre 1868 Max Schultze in seinen „Untersuchungen über das zusammengesetzte Auge der Krebse

---

[1] Müller's Archiv. 1852.

[2] Ich bin auf diese Verhältnisse in meiner ersten Abhandlung über das Facettenauge näher eingegangen, und verweise hier auf jene. (Über das Sehen von Bewegungen und die Theorie des zusammengesetzten Auges. Wiener akad. Sitzungsber. LXXII, Abth. III, Juli 1875.)

und Insecten" [1] mit Bezug auf die Versuche von Gottsche und Zenker sagen konnte „die physikalisch nicht haltbare Theorie von dem musivischen aufrechten Bilde im Auge der Insecten ist denn auch durch das Experiment widerlegt", und dass er sich nun der undankbaren Aufgabe unterzog, zu dem vorausgesetzten verkehrten Netzhautbilde jedes Facettengliedes die zugehörige Retina aufzufinden.

Erst 19 Jahre nach der Publication Gottsche's trat eine Wendung in der Angelegenheit ein, indem Fr. Boll, der Schüler Max Schultze's, angeregt durch die Beobachtung, dass auch die Stäbchen der Tritonenretina verkehrte Bildchen entwerfen, die functionelle Bedeutung der Facettenbildchen in Frage stellte, und zur Müller'schen Theorie zurückzukehren mahnte.[2]

Später haben, in verschiedener Richtung arbeitend und unabhängig von einander, zuerst Grenacher,[3] dann ich eine Lanze für die Müller'sche Theorie vom aufrechten Bilde gebrochen. Grenacher war auf Grund seiner ausgedehnten und erfolgreichen Untersuchungen über die einfachen und zusammengesetzten Augen einer grossen Anzahl niederer Thiere, und insbesondere durch seine grundlegenden Erfahrungen über den nervösen, der Netzhaut entsprechenden Antheil derselben zu der Überzeugung gelangt, dass die Theorie von dem Einzelbildchen unhaltbar sei, dass selbst wenn solche Bildchen da wären, die Netzhaut fehlen würde, welche zur physiologischen Verwerthung derselben nöthig wäre, und dass die anatomischen Verhältnisse durchaus für die Müller'sche Theorie sprächen. Ich habe in gewissem Sinne den entgegengesetzten Weg eingeschlagen. Indem ich von dem Gedanken ausging, dass die wesentlichen optischen Vorgänge in ähnlich gebauten Augen auch wesentlich ähnlich sein werden, untersuchte ich eingehend das Auge nur

---

[1] Bonn 1868.

[2] Du Bois-Reymond's u. Reichert's Arch. f. Anat. u. Phys. 1871.

[3] Seine erste, mir leider unbekannt gebliebene „Kurze Notiz", wie Grenacher sie nennt, erschien in den Göttinger Nachrichten 1874. Dann kam im Jahre 1875 meine oben citirte Abhandlung, auf welche eine ausführlichere Mittheilung Grenacher's in dem Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde 1877, und sein grosses Werk: Untersuchungen über das Sehorgan der Arthropoden, Göttingen 1879, erschien.

eines Thieres (des *Hydrophilus piceus*) und konnte zeigen, dass bei diesem das Gottsche'sche Bildchen zwar sehr schön zu sehen ist, wenn man so verfährt, wie Gottsche es gethan, dass dieses Bildchen im Leben aber nicht zu Stande kommen kann, dass überhaupt unmöglich ein Bildchen da liegen kann, wo es nach jener Theorie liegen müsste, um percipirt zu werden. Hingegen glaube ich gezeigt zu haben, dass der doch ziemlich complicirte dioptrische Apparat des Facettengliedes seine Bedeutung darin hat, dass er die näherungsweise in der Richtung der Axe derselben einfallenden Lichtstrahlen, theils durch Brechung, theils durch Reflexion bis an die Spitze des Krystallkegels leitet, wo sie dann in viel intensiverer Weise das Nervenelement zu reizen vermögen, als wenn dieser dioptrisch-katoptrische Apparat fehlte. Es wird durch denselben die Helligkeit des aufrechten Netzhautbildes erhöht, wie dieses schon J. Müller freilich in anderer Weise vermuthet hat, wie aus folgendem physikalisch etwas unklarem Passus hervorgeht: „Die Convexität der einzelnen Facette der Cornea wird das in der Richtung der Axe einfallende Licht als brechendes Medium der Axe zulenken, und in der Tiefe des Auges zu grösserer Einigung bringen. So mag es kommen, dass das den ganzen Kegel durchleuchtende Licht an der Spitze desselben, wo es die Sehfaser afficirt, punktförmig vereinigt wird, wodurch die Bestimmtheit des Bildes sehr gehoben werden muss. Die von der äusseren convexen Fläche der Cornea bedingte Brechung ist aber nicht so gross, dass es zur Entstehung besonderer kleiner Bilder von jeder Facette aus kommen könnte.“ [1]

Die Concentration der Strahlen an der Spitze des Krystallkegels konnte ich durch Versuche am Auge von *Lampyris splendidula* mit voller Bestimmtheit nachweisen, nur kommt sie nicht, wie J. Müller meint, allein durch Brechung an der Corneafläche — in diesem Falle müsste wenigstens ein undeutliches verkehrtes Bildchen entstehen — sondern, wie ich damals meinte, durch totale Reflexion an der Mantelfläche des Krystallkegels zu Stande. Auf diese Weise würde das Licht, wie man das mit jedem ausgezogenen Glasstabe nachmachen kann, ist es einmal im Kegel

[1] Zur vergl. Physiol. d. Gesichtssinnes, S. 367.

gefangen, bis an seine Spitze fortgeleitet. Ich habe jetzt, wie ich alsbald darlegen werde, für das Auge des Leuchtkäferchens einen optischen Vorgang gefunden, der im Effect bezüglich der Concentration der Strahlen an der Spitze des Krystallkegels dasselbe leistet, wie die totale Reflexion, aber doch auf einer Brechung beruht. Inwieferne man diesen Vorgang auch bei den übrigen zusammengesetzten Augen erwarten darf, kann erst später besprochen werden. Dass ich das Auge des Leuchtkäferchens zu diesen Versuchen benutzte, hatte darin seinen Grund, dass bei diesem Thiere, es soll das auch bei einigen verwandten Käfern der Fall sein, die Krystallkegel mit der Cornea verwachsen sind, man also in die glückliche Lage versetzt ist, Pigment und die übrigen Weichtheile des Auges abpinseln und den ganzen dioptrischen Apparat bei normaler Lagerung der Krystallkegel zu den Corneafacetten untersuchen zu können.

Auch hatte ich darauf hingewiesen, dass die Resultate meiner dioptrischen Untersuchung des Insectenauges geeignet sind, den Schlüssel zu der Erklärung der Erfahrungsthatsache zu geben, dass diese Thiere ihre Feinde und Freunde vielmehr durch deren Bewegungen als durch deren Gestalt erkennen. Aus hier nicht weiter zu erläuternden Gründen sind die zusammengesetzten Augen geeigneter zur Wahrnehmung der Bewegungen, ungeeigneter zur Wahrnehmung von Formen, die Wirbelthieraugen umgekehrt.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass Oskar Schmidt[1] bei gewissen Thieren Krystallkegel gefunden, welche nicht symmetrisch um eine Axe geformt waren, sondern die mannigfache Unregelmässigkeiten, vor Allem Biegungen nach Art eines Horns zeigten. Er kommt dadurch merkwürdigerweise zu dem Ausspruch, dass nicht nur die Theorie von den verkehrten Bildchen unhaltbar ist — worin ihm, falls seine Beobachtungen richtig sind, jedermann beistimmen wird, — sondern dass damit auch die Theorie vom musivischen Sehen unvereinbar ist. Es hat schon Grenacher gezeigt, dass er in letzterer Beziehung im Irrthume ist, so dass ich mich auf die folgende Bemerkung be-

[1] Die Form der Krystallkegel im Arthropodenauge. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. XXX. Suppl.

schränken kann. O. Schmidt hat selbst in der Art der von ihm gefundenen Krystallkegel gebogene Glasstäbe und Glaskegel angefertigt, und sich davon überzeugt, wie in solchen das Licht fortgeleitet wird.[1] Er glaubt auch, dass eine derartige Fortleitung bei den von ihm besprochenen Augen stattfindet. Er scheint aber nicht darauf aufmerksam geworden zu sein, dass auch unter diesen Umständen ein musivisches Sehen möglich ist. Wenn die Licht aufnehmenden Antheile der Krystallkegel in radiärer Anordnung ein Mosaïk bilden, und die Spitzen der Kegel ein Mosaïk, in welchem dieselbe Anordnung herrscht, so muss unter den entsprechenden Bedingungen nach dem Müller'schen Principe ein Bild entstehen, es mögen die Kegeln zwischen ihrer Basis und ihrer Spitze gebogen sein oder nicht, sie mögen alle in der gleichen Weise, oder es mag jeder in besonderer Weise verbogen sein.

Im Grossen und Ganzen scheint es, dass Max Schultze der letzte gewesen ist, der mit einem überlegenen Lächeln auf die Müller'sche Theorie herabblicken konnte, dass seither die Stimmung immer mehr zu Gunsten derselben umgeschlagen hat; ich erwähne hier nur noch die Untersuchung von Notthaft,[2] der auf den Boden der Müller'schen Theorie stehend, versuchte, die mögliche Sehschärfe nach dem Bau der Augen bei verschiedenen Arthropoden zu bestimmen, ferner die auf schönen biologischen Beobachtungen fussenden Arbeiten Forel's,[3] der gleichfalls der Müller'schen Theorie zustimmt, sowie Plateau's,[4] und

---

[1] Ich zeige seit meinen ersten Untersuchungen über das zusammengesetzte Auge eine Anzahl solcher theilweise complicirt verbogener Glasstäbe und Kegeln in meiner Vorlesung, um die Art, wie das Licht darinnen fortgeleitet wird, zu demonstriren. In neuester Zeit ist dieser übrigens sehr alte Versuch praktisch verwerthet worden. Da, wo es sich darum handelt das Licht „um eine Ecke“ zu leiten, und wo man mit Spiegel und Linse nicht zu kann, mag dieses mit Erfolg geschehen. Zur Beleuchtung mikroskopischer Objecte (es wurde eine derartige Lampe in Handel gebracht) wird wohl immer Linse und Spiegel vorzuziehen sein.

[2] Über die Gesichtswahrnehmungen vermittelst des Facettenauges, Frankfurt 1880.

[3] Sensations des Insectes. Recueil zoolog. Suisse Bd. IV, 1886 u. 1887.

[4] Rech. exp. sur la vision chez les arthropodes. Akad. des sciences zu Brüssel 1887 u. 1888.

der Auseinandersetzungen Sharp's.[1] Neueste mikroskopische Funde von Patten[2] sind freilich der Müller'schen Theorie nicht günstig, bedürfen aber wohl noch sehr der Bestätigung.

Zur Ergänzung dieser historischen Notizen, die auf Vollständigkeit nur betreffs jener Fragen Anspruch machen, die uns im Nachfolgenden beschäftigen sollen, muss ich noch hervorheben, dass ich auf der letzten (61.) Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Köln 1888 das aufrechte Netzhautbild im Grunde des Insectenauges demonstrirt habe, und mich da überzeugen konnte, dass es doch etwas ganz Anderes sei, Argumente für die Existenz eines solchen Netzhautbildes, etwas Anderes, dieses Netzhautbild selbst, vorzuführen.

2. Beobachtungen am frischen *Lampyris*-Auge.

Wie ich aus Grenacher's Untersuchungen entnehme, theilt die schon erwähnte eigenthümliche Verwachsung des Krystallkegels mit der Cornea, unser Leuchtkäferchen (*Lampyris splendidula*) noch mit anderen heimischen Käfern, nämlich mit Telephorus-Arten. Leider habe ich die Zeit versäumt, wo diese frisch zu haben waren, so dass ich meine Untersuchungen blos auf *Lampyris* beschränke. Auch der amerikanische Käfer *Elater noctilucus* hat dieselbe Eigenthümlichkeit, es war mir aber nur möglich, getrocknete Exemplare zu bekommen, deren Augen zwar in der That jene Verwachsung zeigten, aber nicht mehr zu optischen Versuchen geeignet waren. So war ich auf unser Leuchtkäferchen angewiesen, benützte auch von diesem nur das Männchen, da das ungeflügelte Weibchen gar zu rudimentäre Augen hat.

Ich kappe mit einer gut schneidenden Staarnadel den grössten Theil des Auges, welches nahezu eine Halbkugel darstellt, ab, bringe ihn in ein Schälchen und pinsele die concave Seite so gut als möglich ab, indem ich das Auge mit einer Nadel oder einer feinen Pincette festhalte. Es geht das Pigment leicht weg; an Spirituspräparaten hat man dabei schon mit einigen Schwierigkeiten zu kämpfen. Nun bringe ich auf ein Deckgläs-

[1] Adress, read before the Entomological Society of London 16. Jän. 1889.

[2] Journ. of Morphologie I. Nr. 1. Sept. 1887.

chen oder auf eine dünne Glimmerlamelle einen Tropfen sehr verdünnten Glycerins, dessen Brechungsindex

$$n = 1{\cdot}346$$

ist. Das ist nämlich der Brechungsindex des Käferblutes, den ich bei *Hydrophilus piceus* bestimmte. Bei diesem Thiere ist es, wenn man ihm den Kopf abschneidet, leicht, so viel Blut zu gewinnen, um den Brechungsindex desselben mit Hilfe des Abbe'schen Refractometers zu ermitteln. Ich wähle diese Flüssigkeit, um Verhältnisse herzustellen, welche dem normalen Zustande, in dem die Krystallkegel mit Gewebsflüssigkeit benetzt sind, so nahe als möglich zu kommen. Aus demselben Grunde bringe ich nun in diesen Tropfen das abgekappte Auge in eine Lage, dass es mit der Cocavität dem Tropfen aufliegt, die Convexität aber unbenetzt an Luft stösst. Es geht dies leicht, weil die frische Corneafläche eine Schwerbenetzbarkeit aufweist, fast als wäre sie eingefettet, sich also das Auge fast von selbst in die gewünschte Lage begibt. Ich ziehe Glimmer den gewöhnlichen Deckgläschen vor, weil sich der Tropfen auf diesem besser ausbreitet.

Nun lege ich den Glimmer oder das Deckgläschen in der gewöhnlichen Weise mit dem Präparate nach unten auf einen Objectträger, der eine Öffnung von circa 1 *cm* Durchmesser hat, natürlich so, dass das Auge in die Öffnung fällt und bringe das Ganze unter das Mikroskop. Es ist also jetzt, wie beim normalen Sehen der Thiere, die vordere Hornhautfläche mit Luft, die Krystallkegel mit einer Flüssigkeit von $n = 1{\cdot}346$ in Berührung. Am bequemsten bei schwacher Vergrösserung von 60—100 sieht man nun bei hoher Einstellung ein aufrechtes Luftbild (abgesehen von der Umkehrung durch das Mikroskop und der Wirkung des Mikroskopspiegels) der äusseren Gegenstände. Um sich vor Täuschungen durch die Wirkung des Hohlspiegels oder anderer Reflexionen und Brechungen zu schützen, kann man den Planspiegel anwenden, das abzubildende Object, z. B. eine Staarnadel zwischen Spiegel und Präparat bringen, kann den Spiegel durch Papier ersetzen, das Mikroskop umlegen und, unter Beseitigung des Spiegels, gegen das Fenster richten und ein Object vor dem Präparat auf- und abbewegen; man kann unter diesen Umständen das Bild auch mit dem einfachen

Mikroskop oder der Brücke'schen Lupe als aufrechtes erkennen, ja ich zweifle nicht, dass es ein sehr kurzsichtiges Auge auch ohne optische Hilfsmittel sehen wird. Ich führe das an, weil wohl jedermann, wenn er das Bild das erste Mal sieht, so wie es auch mir geschehen ist, denkt, es möge doch noch irgendwie durch doppelte Reflexion von den Mikroskoplinsen her u. dergl. ein dem Präparate selbst fremdes Bild dahin gelangen. Das Weitere wird übrigens diese Bedenken vollständig beseitigen.

Ich benützte zum Theile auch hohl geschliffene Objectträger, gab dieses aber später auf, erstens weil deren Schliff als Concavlinse wirkend, eine Brechung einführte, die ich bei der genaueren Untersuchung der optischen Eigenschaften zu vermeiden hatte, aus welchem Grunde ich auch mit dem Planspiegel oder ohne Spiegel untersuchte, zweitens weil durch das verdampfende Wasser eine Bethauung der concaven Fläche des Objectträgers eintrat, welche das Bild bald trübte, oder ganz zum Verschwinden brachte.

Andererseits hat auch die Beobachtung in der freien Luft, wie ich sie eben beschrieb, den Nachtheil, dass sich der Brechungsindex der Flüssigkeit ändert, was bei den genaueren Prüfungen des optischen Verhaltens auch nicht zulässig ist. Man muss sich dann eben dadurch vor Irrthümern schützen, dass man häufig den Tropfen erneut. Es ist mir auffallend, dass ich in der kurzen Zeit, in der ich Gelegenheit hatte, frische Augen zu untersuchen, den Eindruck gewann, dass von dem richtigen Brechungsindex der Flüssigkeit die Deutlichkeit, ja die Wahrnehmbarkeit des Bildchens in hohem Grade abhängt, dass ich aber später, da ich mich auf die Untersuchung von Spirituspräparaten beschränken musste, die Erfahrung machte, dass man selbst mit Wasser oder einer stärkeren Glycerinlösung als die oben angegebene, ganz erträgliche Bilder bekommt. Da ich in den wenigen Wochen, in denen die Thiere frisch zu haben waren, Nothwendigeres zu thun hatte und ich mit der Wirkung meiner Glycerinmischung zufrieden sein konnte, so habe ich die Sache nicht genauer untersucht, und kann jetzt nicht mit Bestimmtheit sagen, ob mir die Nothwendigkeit des bestimmten Brechungsindexes damals etwa durch Zufälligkeit vorgetäuscht worden ist. Wahrscheinlich ist mir dieses nicht.

Was die Schärfe des Bildchens betrifft, so übertraf dieselbe meine Erwartungen. Forel hat (l. c.) vermuthungsweise die Schärfe eines Netzhautbildes abgebildet, das eine Biene von einem kleinem Insecte bekommen mag, das an ihr vorbeifliegt. Ungefähr von dieser Schärfe hatte auch ich mir die Bildchen nach meinen früheren Untersuchungen gedacht. Sie sind aber beim *Lampyris*-Auge schärfer, und es ist alle Ursache anzunehmen, dass die Augen anderer Insecten noch vollkommener gebaut sind. Ich sah eine Staarnadel, zwischen Spiegel des Mikroskopes und das Präparat gehalten, in ihrer Gestalt sehr gut, erkannte den weissen Griff, den Reflex bei Drehung der Nadel. Ich sah — da ich diese Studien theilweise während der Sommerferien auf dem Lande machte — das verkleinerte Bild des Mikroskopspiegels, das als Rahmen für eine kleine Landschaft diente, in der ich die weissen gemauerten Pfeiler einer meinem Fenster gegenüberliegenden Scheune, deren rothes Ziegeldach und die braunen Bretterwände unterschied, und in der sich die einzelnen schwächlichen Zweige kleiner Zwetschkenbäume vom blauen Himmel abhoben.

So schön waren die Bildchen nicht mehr, die ich an den Spirituspräparaten in Köln demonstriren konnte, und die ich jetzt zeigen kann. Ich habe, so gut als möglich in Fig. 1, Taf. I, das unvollkommene Bild gezeichnet, welches ein seit 4—5 Monaten in Alkohol liegendes Auge von dem in seiner Form nebengezeichneten Pfeil entwirft. Es ist ein ziemlich verwaschenes Bild, aber doch ein unzweifelhaftes Bild, wie man sich noch vollkommener überzeugt, wenn man über das als Transparent aufgestellte Object mit der Hand hinfährt.

Die Grösse dieses Bildes ist seiner verwaschenen Grenzen wegen nicht mit Sicherheit zu messen. Messe ich die Länge desselben, soweit es eine compacte helle Masse bildet, so betrug diese in dem Falle, welcher der in Rede stehenden Figur zu Grunde liegt, 0·24 *mm*. Die Länge des Pfeiles von der Spitze bis zum Ende des Schaftes gemessen (die Federn ragen noch etwas weiter vor) war 32 *cm*, seine Entfernung vom Präparate 52 *cm*.

Die eigenthümliche Chagrinirung, welche die Aureole um das eigentliche Bild zeigt, hängt insoferne mit dem Facettenbau zusammen, als wenn man die Einstellung tiefer macht, dann die

einzelnen Facetten als helle Kreise sichtbar werden; diese Chagrinirung ist nun der letzte Rest jener Kreise, den man noch bei Einstellung auf die Ebene des Bildes sieht.

Ehe ich über die Lage des Bildchens in der Tiefe des Auges, also seine Entfernung von der vorderen Corneafläche spreche, wird es angezeigt sein, das Nothwendigste über die Anatomie dieses Auges mitzutheilen.

Leider bin ich nicht in der Lage, mehr als dieses Nothwendigste aussagen zu können, denn es standen mir zur Untersuchung nur Alkoholpräparate zur Verfügung; da es nicht meine Absicht war, mich auf ein genaueres anatomisches Studium des schwierigen Capitels der Insectenaugen einzulassen, so verstrich die in diesem Jahre, wie mir scheint, besonders kurz zugemessene Zeit, in der es möglich war, frisches Material zu sammeln. Die Alkoholpräparate liessen Manches zu wünschen übrig.

Ich habe in Fig. 2, Taf. I, einen merklich meridionalen Schnitt durch ein *Lampyris*-Auge mit Hilfe der Zeichenkammer abgebildet. Das Auge war in Celloidin eingebettet und mit Saffranin gefärbt. Die Zeichnung zeigt denselben bei 163-facher Vergrösserung..

Die convexe vordere Corneafläche trägt entsprechend je einem Krystallkegel eine gekrümmte Facette, deren Krümmungshalbmesser ich im Centrum grösser, an der Peripherie kleiner, 0·02 bis 0·09 *mm* fand.

Rechnet man die Cornea bis dahin, wo die chitinartige Substanz zu den einzelnen Kegeln auseinanderweicht, so ist sie bei diesem Thiere von sehr geringer Dicke, und macht sich am Schnitte des nicht abgepinselten Auges durch ihre Pigmentlosigkeit kenntlich. Die mit der Cornea verwachsenen Krystallkegel (K) sind dicht von Pigment umhüllt mit Ausnahme ihres inneren Endes, das frei in die dahintergelegene Zellenmasse hineinragt. Die Form der Kegeln ist nur an abgepinselten Augen genauer zu erkennen. Ich habe einen solchen in Holzschnitt, Fig. 2, in 10.000-facher Vergrösserung, so getreu es mir möglich war, sammt der Corneafacette wiedergegeben. Nun folgt eine ziemlich breite Zone langgestreckter, kernhaltiger Zellen (Pg. II) in radiärer Anordnung, die augenscheinlich die Pigmentzellen zweiter Ordnung nach der Eintheilung Grenacher's sind, aber

kein Pigment enthalten. Bei *R* beginnt die Retina, von der man freilich an Meridionalschnitten sehr wenig sieht. An Flächenschnitten erkennt man hier eine kernreiche Zelllage, deren Mosaïk gegen die retinale Pigmentschichte (*R. P.*) hin, alsbald in jenes überaus zierliche Bild übergeht, das aus vergissmeinnichtartigen Figuren zusammengesetzt und noch in- und jenseits der retinalen Pigmentschichte, wenn auch in modificirter Form zu erkennen ist. Inmitten jedes der blüthenförmigen Querschnitte sieht man eine ungefärbte Stelle, das Rhabdom Grenacher's. Noch weiter gegen den Krümmungsmittelpunkt des Auges gewahrt man die dünne Schichte (O), in welcher sich die Nervenzüge verlieren, die vom Ganglion opticum kommend, in dieselbe einstrahlen.

Der Punkt, auf den es uns beim Verständnisse der optischen Leistung dieses Auges besonders ankommt, und um dessentwillen ich die Schnitte durch das ganze Auge gemacht habe, ist die Pigmentlosigkeit der Spitzen der Krystallkegel, sowie der zwischen diesen und der empfindlichen Schichte gelegenen Formelemente.

Was nun die Lage des Bildes anbelangt, so ist es sehr schwer, dieselbe genau zu messen. Es muss natürlich mit der Stellschraube geschehen, und die Lage aus der Höhe eines Schraubenganges und den Winkelgraden der Schraubendrehung berechnet werden. Die Stellung, bei welcher das aufrechte Netzhautbild das Maximum der Deutlichkeit hat, ist ziemlich genau zu bestimmen, anders aber steht es mit dem zweiten tiefer gelegenen Punkt. Man kann auch hier recht genau eine Stellung finden, bei welcher jedes Facettenglied als heller Kreis und die Räume zwischen den Facetten dunkel erscheinen und zwar auch wenn das Pigment abgepinselt worden ist. Es dringt eben zwischen den Facettengliedern infolge von Brechungen kein Licht durch die durchsichtige Substanz, wie ich dies in meiner ersten Abhandlung genauer erläutert habe. Auf welche Ebene aber hat man eingestellt, wenn das Facettenglied als scharf begrenzter heller Kreis erscheint? Bestimmt weiss ich es nicht, vielleicht auf die Basis der Krystallkegel, vielleicht auf die Basis der Facettenwölbung, vielleicht aber auch auf einen weiter hinten gelegenen Querschnitt durch den Krystallkegel.

Bei einer etwas höheren Einstellung konnte ich mich wiederholt mit Hilfe der noch anhaftenden Pigmentkörner so weit orientiren, dass ich glaube richtig auf die Spitze der Krystallkegel eingestellt zu haben. Die Entfernung zwischen der erstgenannten Einstellung und dem Netzhautbilde fand ich 0·23 *mm*. Es würde demnach das Bild um die genannte Länge hinter dem dioptrischen Apparat liegen, wobei ich freilich nicht mit Sicherheit sagen kann, von welchem Theile desselben an die Entfernung gemessen ist.

Würden wir dieses Bild in die Zeichnung Fig. 2 eintragen, so würde es demnach nicht unbeträchtlich hinter die Retina fallen. Es hat das darin seinen Grund, dass meine Zeichnung einem Meridionalschnitt vom seitlichen Theile des Auges angehört. Ich wählte diesen Theil, weil ich hier, ohne die Zeichnung zu gross machen zu müssen, den ganzen Schnitt abbilden konnte. Nun sieht man aber an durch das Centrum der Cornea gelegten Meridionalschnitten, dass gegen den Rand hin nicht nur, wie schon erwähnt, die Krümmung der Corneafacetten zunimmt, sondern auch, dass die Krystallkegel kürzer werden (ich mass z. B. 0·055 gegenüber 0·082 *mm* im Centrum), der ganze dioptrische Apparat also stärker wird, das Bild näher liegt.

Es ist übrigens nicht ausgeschlossen, dass noch ein anderer Umstand im Spiele ist. Jedermann weiss, um wie viel z. B. ein weisses Blutkörperchen, das wir im Blutgefässe eines durch Alkohol gehärteten Präparates finden, kleiner erscheint, als ein frisches. Die Schrumpfung ist eine sehr bedeutende; eine Volumabnahme kann also wohl trotz der stützenden Chitingerüste auch durch die Präparirung des Auges bis zur Schnittfähigkeit stattgefunden haben, wenn sie auch nicht so hochgradig ist, wie bei einem weissen Blutkörperchen.

Ich führe diese Dinge hier an, weil es nahe gelegen wäre, aus der Lage des Bildchens einen Schluss auf die Lage der empfindlichen Schichte innerhalb der dicken Retina zu machen, und diese auf solche Weise genauer zu bestimmen. Mag sein, dass es bei frischem Materiale einmal gelingen wird.

Ich will nicht unerwähnt lassen, dass ich bei Rosenkäfern *(Cetonia)*, die ich in Wasser ertränkte und drei Tage darin liegen liess, am abgekappten Auge auch ein recht deutliches,

aufrechtes Bildchen zu sehen bekam. Es scheint dazu nur erforderlich, dass der Schnitt nicht zu oberflächlich und nicht zu tief geführt werde. Im letzteren Falle deken die aufliegenden Weichtheile das Bild zu. Die Augen wurden auch im hängenden Tropfen des äusserst verdünnten Glycerins untersucht, und im Übrigen in keiner Weise behandelt. Das Bildchen ist nicht so schön wie das des abgepinselten *Lampyris*-Auges, aber doch hinlänglich deutlich um jeden Zweifel an seiner Existenz zu benehmen. Pinselt man dieses Auge aus, so verschwindet das Bild. Da der genannte Käfer zu den Pentameren gehört, und alle von Grenacher untersuchten Vertreter dieser Familie echte Krystallkegel haben, so ist dieser Erfolg durch das Wegpinseln der Krystallkegeln, d. h. durch Zerstörung des dioptrischen Apparates zu erklären und vorauszusehen gewesen.

Übrigens habe ich Andeutungen des aufrechten Bildes, insbesondere bei Bewegung des abzubildenden Gegenstandes, auch an ganz frischen Augen des Rosenkäfers gesehen. Warum es bei den im Wasser gelegenen schöner war, weiss ich nicht.

Obwohl physiologisch ohne Bedeutung, will ich doch das in theoretischer Beziehung nicht belanglose optische Curiosum hier noch hervorheben, dass das in der geschilderten Weise zugerichtete Auge von der verkehrten Seite betrachtet (d. h. die mit der Glycerinlösung bedeckte concave Seite ist dem Objecte, die an Luft grenzende convexe dem Mikroskope zugewendet) auch ein Bildchen zeigt. Es liegt näherungsweise an derselben Stelle wie das normale Netzhautbild, also vor dem optischen Apparate, hat dieselbe Grösse, ist aber verkehrt.

3. Veranschaulichung der Dioptrik des *Lampyris*-Auges.

Zunächst will ich die Dioptrik des Insectenauges, wie ich sie in meinen an *Lampyris* angestellten Studien gefunden habe, darlegen; der Nachweis für die Richtigkeit dieser meiner Anschauung und der Weg, wie ich zu derselben gelangt bin, soll im nächsten Abschnitte mitgetheilt werden.

Würde die Müller'sche Theorie in ihrer ursprünglichen Form für das *Lampyris*-Auge richtig sein, so müsste man bei Einstellung des Mikroskopes auf die Spitze der Krystallkegel das

aufrechte Bild des Objectes zu sehen bekommen. Nun ist das andeutungsweise allerdings der Fall, das Bild in seiner weit vollkommeneren Form liegt aber, wie wir sahen, beträchtlich hinter der Spitze der Krystallkegel. Dies liesse sich unter einigen Voraussetzungen noch mit der Theorie vereinigen.

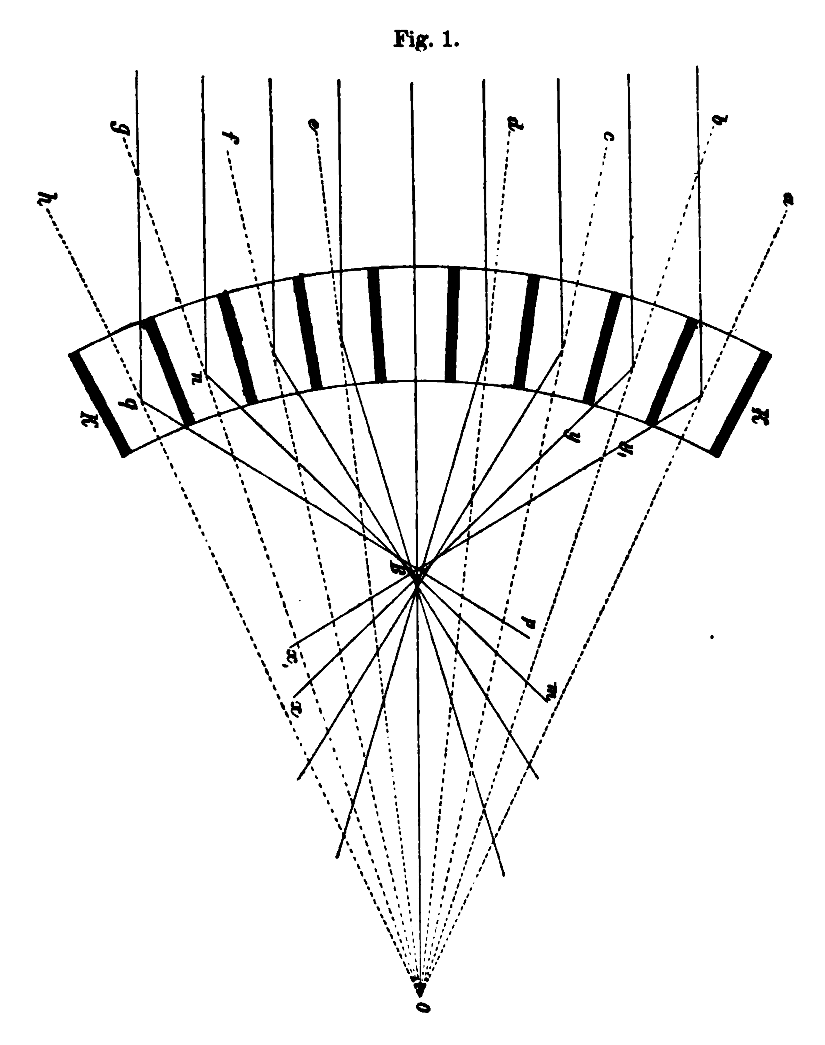
Gänzlich unvereinbar mit dieser aber ist das Resultat folgenden Versuches. Ich wähle als abzubildenden Gegenstand zwei Lichtpunkte (z. B. zwei Kerzenflammen), richte das horizontal gestellte Mikroskop, auf dessen Objecttisch sich das *Lampyris*-Auge, in der oben angegebenen Weise zugerichtet, befindet, gegen den Mittelpunkt der Verbindungslinie der beiden Kerzen. Es befindet sich kein brechendes oder reflectirendes Medium zwischen dem Objecte und der convexen Corneafläche. Stelle ich auf die Ebene des Netzhautbildes ein, so sehe ich natürlich zwei Lichtpunkte, die Bilder der Kerzenflamme. Nähere ich die Focalebene des Mikroskopes der Cornea, so gewahre ich die optischen Querschnitte der Strahlenbündel, welche bei ihrer Vereinigung die beiden Bildpunkte gaben. Und zwar gehört jedem Punkte eine Schaar von Strahlen an; jeder dieser Strahlen kommt aus einem Krystallkegel. Sind die beiden Kerzenflammen in der passenden Entfernung, so gewahrt man, dass aus der Mehrzahl der beleuchteten Krystallkegel je zwei Strahlen hervordringen, von denen der eine dem einen Bildpunkte, der andere dem anderen Bildpunkte zustrebt. Ein vom rechten Objectpunkte in den Krystallkegel eindringender Strahl wird also nach dem rechten Bildpunkte abgelenkt, ein vom linken Objectpunkte eindringender Strahl wird in demselben Krystallkegel dem linken Bildpunkte zugelenkt. Mit anderen Worten: Ein unter einem Winkel gegen die Axe des Krystallkegels in denselben eindringender Strahl schliesst bei seinem Austritt mit der Axe wieder einen Winkel ein; eintretender, austretender Strahl und Axe liegen in einer Ebene; der austretende aber auf derselben Seite der Axe, wie der eintretende.

Hiernach sollte man glauben, es handle sich um eine Reflexion im Krystallkegel. Dies trifft aber nicht zu, vielmehr beruht der geschilderte Effect auf Brechung. Ehe ich auf die Art dieser näher eingehe, will ich an der Hand der Abbildungen

das Gesagte mit dem Beobachteten in einen etwas engeren Zusammenhang bringen.

Benützt man als Object einen Lichtpunkt, der in grosser Entfernung ist, so dass die von ihm ausgehenden Strahlen, wenn

Fig. 1.



sie ans Auge gelangen, als parallel betrachtet werden können, (was wegen der Kleinheit des Krümmungshalbmessers der Cornea schon für kurze Distanzen der Fall ist), so lässt sich der geschilderte optische Vorgang durch Holzschnitt Fig. 1 versinnlichen.

K K stellen schematisch die einzelnen Facettenglieder dar, *o a* bis *o h* ihre Axen, die ausgezogenen Linien die einfallenden Strahlen, welche in jedem Facettenglied in der geschilderten Weise abgelenkt werden und sich in *B* zu dem Bildpunkte vereinigen. *O* ist der Krümmungsmittelpunkt des Auges. Man sieht, dass ein ganz analoges Bild von einem zweiten Objectspunkte entstehen muss, der z. B. in der Verlängerung von *o b* liegt, und an dem sich theilweise dieselben Krystallkegel betheiligen werden, die das Bild *B* entworfen haben. Man zieht zugleich auch, dass das Bild aufrecht ist, wovon seine Grösse abhängt u. s. f.

Stellt man das Mikroskop auf eine Ebene ein, die (im Sinne des Ganges der Lichtstrahlen) vor der Cornea liegt, dieselbe tangirt, oder vielleicht schon in die vorderen Antheile der Krystallkegel fällt (es ist das, wie oben hervorgehoben, nicht mit Sicherheit zu bestimmen), so bekommt man das in Taf. II, Fig. 3, wiedergegebene Bild. Es ist dasselbe Bild, das ich schon in meiner ersten Abhandlung beschrieben habe [1] und stellt die optischen Querschnitte der von dem leuchtenden Punkte ausgehenden Strahlen in der Focalebene des Mikroskopes dar. Selbstverständlich sind es nicht die einfallenden Strahlen selbst, sondern die Verlängerungen der Strahlen *p q*, *m n* . . . . . (Holzschnitt, Fig. 1), welche, nachdem sie den Krystallkegel passirt haben, das Bild zusammensetzen.

Bewegt man die Stellschraube auf und ab, so bleibt das Bild eine verhältnissmässig grosse Strecke wesentlich von der gleichen Art, nur erkennt man an der gegenseitigen Annäherung oder Entfernung der Lichtpunkte, dass man es in der That mit convergirenden Strahlen zu thun hat. Hat man zwei Lichtpunkte als Object verwendet, so ist jeder der Punkte doppelt. Die Zeichnung, Taf. II, zeigt weiterhin an den meisten der Punkte Andeutungen von Beugungserscheinungen, wie solche unter den obwaltenden Umständen zu erwarten sind.

Verschiebt man die Focalebene des Mikroskopes nach rückwärts, bis in die Nähe der Spitzen der Krystallkegeln, so geht

[1] Doch verlegte ich damals die Ebene, in der man es sieht, etwas weiter nach rückwärts.

das Bild der Fig. 3 allmählich in das der Fig 4, Taf. II, über. Aus den hellen Punkten sind Kreise geworden, die meistens ein besonders helles Innere und einen oder zwei mehr oder weniger deutliche Höfe haben. Auch hier zeigen sich Interferenzerscheinungen, die in der Zeichnung nur angedeutet sind. Verwendet man bei dieser Einstellung zwei Lichtpunkte als Gegenstand, so tritt keine Verdoppelung der hellen Kreise ein.

Ich glaube, dass der helle Kern jedes dieser rundlichen Flecken den physiologisch wichtigen Strahlenantheil enthält, und dass die hellen Höfe durch das Licht gebildet sind, welches normalerweise im Pigment absorbirt wird, wenn es überhaupt in solcher Menge aus dem Krystallkegel herausdringt. Bei verschiedener Einstellung kann man sich nämlich überzeugen, dass sich das Licht der Höfe nach allen Richtungen diffus zerstreut.

Bei weiterer Verschiebung der Focalebene nach rückwärts trifft dieselbe die Strahlen zwischen dem dioptrischen Apparate und dem Bildpunkt. Dabei rücken die Kreise der Fig. 4 immer enger zusammen, werden verwaschener und bilden zierliche Interferenzfiguren. Die besonders hellen Kerne der Lichtkreise in Fig.4 bleiben noch eine ziemliche Strecke weit kenntlich, und wenn man jetzt wieder zwei Lichtpunkte als Gegenstand verwendet, so gewahrt man wieder die Verdoppelung jener hellen Kerne. Schliesslich nähert sich das Bild mehr und mehr dem Bildpunkte, der in Fig. 5, Taf. II, dargestellt ist. Auch an ihm sieht man, entsprechend der regelmässigen Sechseckstellung der Krystallkegel, noch Beugungserscheinungen, welche an die Streifung von Pleurosygma angulatum erinnern. Stellt man endlich auf eine hinter dem Bilde gelegene Ebene ein, so geht der Bildpunkt in einen Zerstreuungskreis auseinander, Fig. 6, der die Interferenzfigur eines dreistrahligen Sternes, sowie andere Andeutungen von Difractionsspectren erkennen lässt.

Ich muss bemerken, dass die Abbildungen Fig. 3 bis 6 alle von einem Auge stammen, dessen Meridian in Bezug auf die Sechseckstellung der Krystallkegel bei jeder Zeichnung dieselbe Lage hatte, und dass das Auge sich unter den genannten, der Norm entsprechenden, Verhältnissen befand. Als Lichtquelle diente ein 1*cm* grosser, runder Ausschnitt in dem weissen Thon-

cylinder eines Gasrundbrenners. Der Thoncylinder war mit einem schwarzen Blechcylinder, der einen entsprechenden Ausschnitt hatte, überkleidet.

Es entwirft also das *Lampyris*-Auge ein aufrechtes Bild auch durch Sammlung der Strahlen, wie das Wirbelthierauge; nehmen wir die Gerade, welche einen beliebigen Punkt des Gegenstandes mit seinem Bilde verbindet, als Axe des Auges an, so wird auch hier der parallel der Axe einfallende Lichtstrahl um so mehr von seiner Richtung abgelenkt, je weiter er von der Axe entfernt ist (jenseits einer gewissen Grenze nimmt er überhaupt an der Bilderzeugung nicht mehr Theil), auch hier bleibt der gebrochene Strahl in der durch den einfallenden Strahl und das Einfallsloth (Krystallkegelaxe) gegebenen Ebene u. s. f. Der dioptrische Apparat, der das bewirkt, ist die Summe der mit der Cornea verwachsenen Krystallkegel in ihrer radiären Anordnung auf einer Kugeloberfläche.

Es frägt sich nun, welchen dioptrischen Bau ein Krystallkegel (mit Einschluss seiner Corneafacette) haben muss, um jene Wirkung zu erzielen.

Ich erinnere daran, dass eine in allen wesentlichen Punkten gleiche Wirkung jedes Paar Convexlinsen ausübt, das um die Summe ihrer Brennweiten von einander entfernt an derselben Axe angeordnet ist. (Siehe unten Holzschnitt, Fig. 4.) Strahlen, welche, aus grosser Entfernung kommend, geneigt gegen die Axe auf die erste Linse auffallen, treten aus der zweiten Linse unter einem Winkel mit der Axe aus, der um so grösser ist, je grösser der Winkel war, unter dem sie eingetreten sind. Sie liegen dabei in der durch die Linsenaxe und den einfallenden Strahl bestimmten Ebene, und sind unter einander parallel. Als solche bilden sie nach der gewöhnlichen Auffassung natürlich in endlicher Entfernung kein Bild, denkt man sich das parallelstrahlige Bündel aber von mikroskopisch kleinem Querschnitt, so begreift man, dass durch Zusammentritt von vielen solchen ein Bildpunkt entstehen kann, da dann die anderen Dimensionen des Bildes gross gegenüber jenem Querschnitt sind.

So einfach wie bei dieser Linsencombination sind nun die Verhältnisse bei den Krystallkegeln wohl nicht; ich hatte anfangs geglaubt, dass die convexe Corneafacette die Rolle der ersten

Linse jener Linsencombination, und die Wölbung der Krystallkegelspitze die Rolle der zweiten Linse spielt. Es ist das aber nicht der Fall, wie mich ein eingehendes Studium gelehrt hat. Vielmehr beruht die Wirkung des Krystallkegels, wenigstens grossen Theils, auf seiner Schichtung, die ihn zum Linsencylinder stempelt. Selbstverständlich werden die gekrümmten Flächen diese Wirkung unterstützen.

Unter dem Namen Linsencylinder — ich will das hier kurz in Erinnerung bringen — beschrieb ich cylinderförmige Gebilde mit ebener Basis, welche dadurch in der Axenrichtung wie Linsen wirken, dass ihr Brechungsindex von dem Mantel gegen die Axe hin zunimmt (Convexlinsen) oder abnimmt (Concavlinsen). Ich fand dieselben zuerst in der Cornea des *Hydrophilus piceus*, sie lassen sich im Grossen künstlich nachahmen.[1] Strahlen, welche parallel der Axe eintreten, werden im Bogen der Axe zugebrochen, wenn der Brechungsindex an der Axe grösser ist, können sich hier zu einem Brennpunkt vereinen, welcher Vorgang sich, falls der Cylinder lange genug ist, wiederholen kann, wie ich das l. c. ausgeführt habe.

Dieser Fall ist nun beim *Lampyris*-Auge verwirklicht, auch hier kann man den dioptrischen Apparat jedes Facettengliedes als eine Combination zweier um die Summe ihrer Brennweiten von einander entfernter Linien auffassen, nur sind die Linsen in ein Stück vereinigt und jede derselben besteht aus einem Linsencylinder, dessen eine Basis durch eine kugelige, brechende Fläche ersetzt ist.

Ich habe in Holzschnitt Fig. 2 den vermuthlichen Gang zweier Strahlenbündel gezeichnet, nach den Messungen und Rechnungen, die ich in einem speciellen Falle ausgeführt habe. Es handelte sich da um ein schon mehrere Monate in Alkohol gelegenes Auge, an dem man entsprechend jedem Facettenglied

---

[1] Sigm. Exner, Über Cylinder, welche optische Bilder entwerfen. Pflügers Arch. f. d. ges. Phisiologie, Bd. 38. Die mathematische Behandlung dieses Gegenstandes übernahm mein Bruder, Prof. Karl Exner (Vergl. meine oben citirte Abh. und Ann. für Physik und Chemie XXVII 1886). Auch Matthiessen hat (Repers. d. Physik XXII) eine Berechnung desselben durchgeführt.

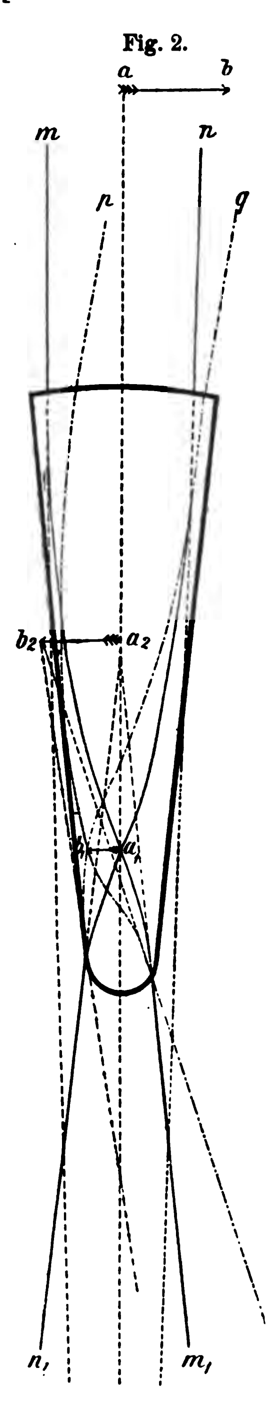


Fig. 2.

ein verkehrtes Bildchen $a_2 b_2$ der äusseren Objecte sehen konnte, jenes verkehrte Bildchen, das soviel Verwirrung in der Physiologie des zusammengesetzten Auges angerichtet hat, das hier aber, wie die Abbildung zeigt, durchaus nicht an der Spitze des Krystallkegels, oder hinter demselben, sondern im vorderen Theile liegt, wo wohl keine Nervenendigungen zu finden sind. Auch ist dieses Bild noch überdies kein reelles, sondern ein virtuelles.

Ich will hier gleich bemerken, dass es mir an frischen Augen von *Lampyris* und bei der correcten Herstellung der normalen Verhältnisse, betreffs der das Auge umgebenden Medien nicht erinnerlich ist, je diese verkehrten Facettenbildchen in nennenswerther Deutlichkeit gesehen zu haben, während sie jetzt an meinen conservirten Augen ganz gut zu sehen sind. Wie die Zeichnung lehrt, beruht dieses darauf, dass die von einem Punkte des Objectes ausgehenden Strahlen nicht parallel, sondern schwach divergent den Krystallkegel verlassen, während sie beim frischen Auge unter einander parallel aus den Krystallkegel treten. Wie man sieht, rückt dadurch das Bild $a_2 b_2$ in unendliche Entfernung, wird also nicht gesehen. Diese Verschiedenheit des frischen und des conservirten Auges beruht offenbar auf einer durch Alkohol hervorgerufene Änderung in den

optischen Constanten des Apparates; wie man sieht, braucht sich die brechende Kraft des Systemes nur sehr wenig zu ändern, um das Bild dem Bereiche des Mikroskopes zu entrücken, beziehungsweise es in das Bereich der Beobachtung zu bringen. Offenbar hängt es auch hiermit zusammen, dass das aufrechte wahre Netzhautbild bisweilen sehr schön, bisweilen recht unvollkommen zu sehen ist, denn Einwirkung selbst von Wasser oder von anderen Substanzen, kann schon ein, wenn auch sehr geringes Verquellen oder Schrumpfen, vielleicht auch eine Abschwächung der Differenzen der Brechungsindices im Krystallkegel zur Folge haben, von den Änderungen der Brechung bei verschiedenen umspülenden Flüssigkeiten, oder Veränderungen der Krümmung des Gesammtauges ganz abgesehen.

Nach dieser Abschweifung kehren wir zur Strahlenbrechung im Facettenglied und zu Holzschnitt 2 zurück.

Sei ab ein Gegenstand in grosser Entfernung, so dass die von einem Punkte desselben ausgehenden Strahlen gegenüber den im Krystallkegel vorkommenden Winkelmassen als parallel betrachtet werden können. Die Strahlen m und n mögen die Grenzstrahlen des vom Fusspunkt des Pfeiles (a) ausgehenden und in das Facettenglied eindringenden Bündels sein. Sie würden nach der Messung, die ich in einem speciellen Fall über die Krümmung der Hornhautfacette gemacht habe, und unter Zugrundelegung des an der Hornhaut des *Hydrophilus*[1] gefundenen Werthes für den Brechungsexponenten sich infolge der Brechung an der gekrümmten Fläche erst beträchtlich weit hinter dem Krystallkegel zu einem Bilde vereinigen (siehe die gestrichelten Linien). Wenn ich in anderen Fällen auch kleinere Krümmungshalbmesser der Corneafacetten gefunden habe, so kommt das hier nicht in Betracht. Die durch diese erste Brechung schwach convergent gemachten Strahlen werden dann infolge der Linsencylinderwirkung bei a_1 zu einem Bilde vereinigt.

Die vom Punkte b des Pfeiles ausgehenden Strahlen p und q werden in analoger Weise im Punkte b_1 vereinigt. Das Bild a_1 b_1

---

[1] Den Brechungsindex der *Lampyris*-Cornea konnte ich wegen ihrer Dürrheit nicht mit genügender Genauigkeit messen.

kann aber als solches nicht gesehen werden, da zwischen ihm und dem Mikroskope noch der hintere Theil des Krystallkegels liegt. Ist a_1 nicht genau der erste Brennpunkt dieses letzten Antheiles des Krystallkegels, sondern liegt dieser etwas weiter vorne, so verlassen die von a_1 weiter verlaufenden Strahlen m_1 n_1 den Kegel schwach divergent, so dass das virtuelle, der Beobachtung zugängliche Bild von a_1 in a_2 liegt. Analog verhält es sich mit der Projection von b_1 nach b_2. Die Lage von a_1 b_1, wie sie die Zeichnung darstellt, habe ich aus der Krümmung der Spitze des Krystallkegels, den beiden Brechungsindices und der gemessenen Lage von a_2 b_2 berechnet. Diese Berechnung ist natürlich wegen der Ungenauigkeit der einbezogenen Zahlen auch eine sehr ungenaue, und lässt uns eigentlich nur vermuthen, dass a_1 b_1 in der That im Inneren der hinteren Hälfte des Krystallkegels liegt. Übrigens habe ich dieses Bild auch, wie ich später des Näheren mittheilen will, der directen Beobachtung zugänglich gemacht, indem ich die Spitze des Krystallkegels abschnitt. Es ist ja klar, dass man das Bild sofort sehen muss, wenn man den Kegel in der Ebene a_1 b_1 abkappt und nun von hinten darauf sieht.

Man sieht demnach an der Zeichnung die Ablenkung des unter einem Winkel einfallenden Strahlenbündels nach derselben Seite der Axe von der es gekommen ist, man sieht, dass der Winkel, den es nach der Brechung mit der Axe einschliesst, um so grösser ist, je grösser der Winkel war, den es vor der Brechung mit dieser gebildet hat. Dass sich unter diesen Umständen die Strahlenbündel, welche von einem Punkte ausgehen und verschiedene Krystallkegel passirt haben, wieder in einem Punkte vereinigen müssen, geht hieraus freilich noch nicht hervor, wird aber in einem der folgenden Abschnitte gezeigt werden. Man sieht weiter unmittelbar, welche Bedeutung es hat, dass die Natur die Wirkung des kleinen auf Unendlich eingestellten astronomischen Fernrohres, als welches sich ein solches Facettenglied demnach herausgestellt hat, nicht nur auf den zwei brechenden gekrümmten Flächen beruhen liess, sondern das Princip der Linsencylinder zu Hilfe nahm. Würde die Corneafacette und die Spitze des Krystallkegels von hinlänglich kleinem Krümmungshalbmesser sein, so könnte der in Holzschnitt 2 abgebildete

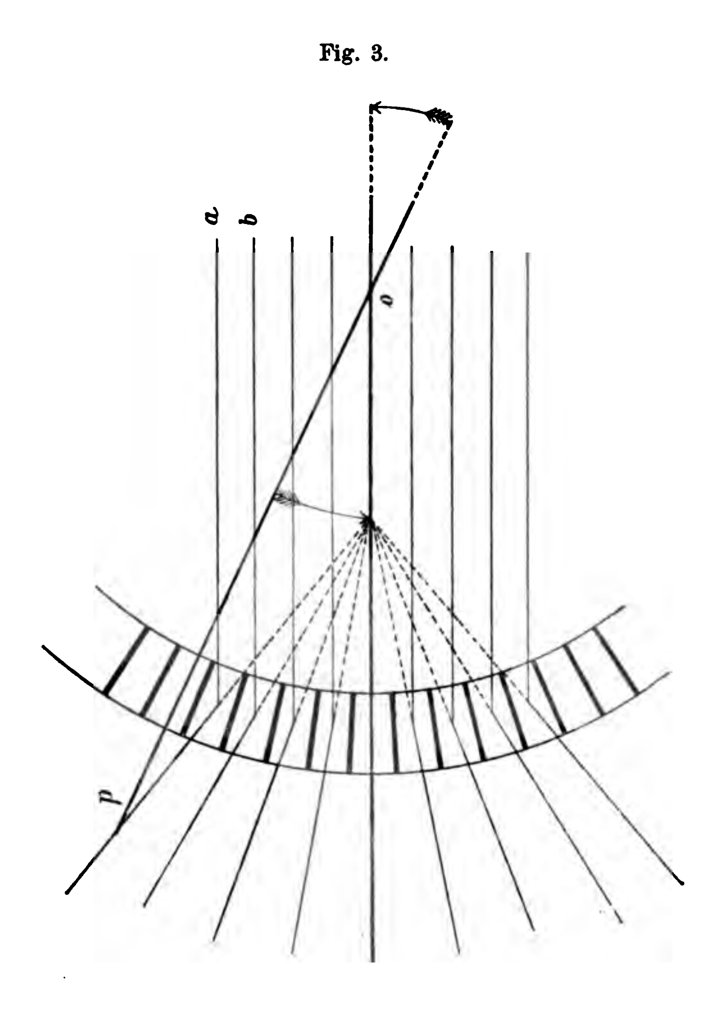
Krystallkegel im Wesentlichen dasselbe wirken, aber man erkennt sofort, dass Strahlen, die unter so grossem Winkel gegen die Axe wie der Strahl *p* einfallen, für die Erzeugung des Bildes schon nicht mehr in Betracht kämen, es müsste denn der Brechungsindex eine ganz enorme Grösse haben.

Ich will hier noch hervorheben, dass ich nach den angegebenen Principien ein Schema eines Insectenauges angefertigt habe, das die dioptrischen Vorgänge veranschaulicht, und das ich zur experimentellen Prüfung der später zu entwickelnden Formeln über Grösse, Lage etc. der Bilder verwendet habe. Es besteht aus zehn Paaren von Convexlinsen (Brillengläsern). Jede Linse hat eine Brennweite von 2″ und ist mit ihrem Partner in einer gegenseitigen Entfernung von 4″ auf einem Brettchen befestigt. Dieses Paar repräsentirt den dioptrischen Apparat eines Facettengliedes. Die zehn Paare sind in einem Kreisbogen von 75 *cm* Radius (bis zum gemeinschaftlichen Brennpunkt je zweier Linsen gemessen) angeordnet. Das Schema entwirft aufrechte Bilder, deren Schärfe freilich nicht gross ist, da das aus jeder Linse austretende Lichtbündel den Querschnitt der Linsenfläche hat, und an denen sich für jeden Punkt des Gegenstandes etwa fünf Linsenpaare betheiligen. Man kann an dem Schema die Änderung in der Lage und Grösse des Bildes für verschiedene Entfernungen des Gegenstandes demonstriren u. s. w., kann die Schärfe des Bildes erhöhen, wenn man vor die Linsen Diaphragmen setzt. Nur nimmt dann die Anzahl der Linsenpaare ab, die sich an der Erzeugung eines Bildpunktes betheiligen.

Was endlich das erwähnte virtuelle verkehrte Bildchen betrifft, das man sieht, wenn man das normal zugerichtete ausgepinselte Auge mit seiner concaven Seite dem Gegenstande zuwendet, und von der Corneaseite betrachtet, und welches an der Stelle des normalen Netzhautbildes liegt, so erklärt sich dessen Zustandekommen aus der Zeichnung, Holzschnitt 3, unmittelbar. Alle homocentrischen auf die Krystallkegel einfallenden Strahlen *(a, b)* werden eben im Krystallkegel in der geschilderten Weise von ihrem Wege abgelenkt, so dass dieselben divergirend austreten und ihre Verlängerungen sich in einem Punkte schneiden. Strahlen, die, von einem anderen Punkte des Gegenstandes ausgehend, in einer anderen Rich-

tung (z. B. *o p*) auf das Auge fallen, vereinigen sich in einem anderen Punkte. Die beiden Punktpaare bilden mit dem gemeinschaftlichen Krümmungsmittelpunkte des Auges zwei ähnliche Dreiecke mit Scheitelwinkeln.

Fig. 3.



Benützt man nun auch als Gegenstand einen leuchtenden Punkt, der also in grosser Entfernung vor den Spitzen der Krystallkegel liegend sein Bild in der Gegend der Netzhaut entwirft, und stellt das an der Corneaseite befindliche Mikroskop zu

tief ein, so dass die Ebene des deutlichen Sehens (im Sinne des Ganges der Lichtstrahlen) vor die Netzhautebene fällt, so sieht man wieder den dreistrahligen Stern der Fig. 6, Taf. II. Bei allmähliger Hebung des Tubus taucht das virtuelle Bild des Lichtpunktes auf (Fig. 5), dann das Bild der Fig. 4, und endlich die optischen Querschnitte durch die Strahlenbündeln der einzelnen Krystallkegel, wie sie in Fig. 3 dargestellt sind. Man sieht also dieselben Bilder wie bei der normalen Functionsweise des Auges, jedes auch an demselben Orte, so weit dieses beurtheilt werden kann.

---

4. Experimentelle Prüfung des Strahlenganges im *Lampyris*-Auge.

Im Nachstehenden sollen jene Thatsachen angeführt werden, durch welche ich mich überzeugt habe, dass die mittgetheilte Auffassung der Dioptrik des *Lampyris*-Auges zutreffend ist, oder richtiger gesagt, durch welche ich auf die mitgetheilte Deutung der optischen Vorgänge geleitet worden bin.

Bei den folgenden Versuchen ist, wenn nicht ausdrücklich etwas Anderes gesagt wird, vorausgesetzt, dass das abgepinselte *Lampyris*-Auge, mit der vorderen Fläche an Luft grenzend, mit der hinteren Fläche in eine Glycerinlösung vom Brechungsindex 1·346 tauchend, direct nach dem abzubildenden Gegenstand gerichtet war, so dass das Licht nur durch Luft und ohne eine Reflexion zu erleiden vom Objecte bis zur Cornea gelangte. Das Bild wurde durch ein Deckgläschen oder eine Glimmerplatte hindurch bei Horizontalstellung des Mikroskopes beobachtet. Es wurden also die Verhältnisse hergestellt, welche den normalen so nahe als möglich kamen.

Benützt man als Gegenstand einen hellen Punkt, stellt auf dessen Bild (Taf. II, Fig. 5) ein und schiebt einen undurchsichtigen Schirm von einer Seite her über das Auge, so verschwindet das Bild, indem es in allen seinen Theilen gleichzeitig dunkler wird; thut man dasselbe während man auf eine vor dem Bildpunkte gelegene Ebene einstellt (entsprechend Fig. 3 und 4), so verschwinden die hellen Flecken oder Punkte, welche den

einzelnen Facettengliedern entsprechen, zuerst auf der Seite, von welcher der Schirm kommt, stellt man aber auf eine hinter dem Bilde gelegene Ebene ein, so verschwindet der Zerstreuungskreis (Fig. 6) zuerst auf der dem anrückenden Schirm entgegengesetzten Seite. (Ich beschreibe hier das thatsächliche Verhalten, indem ich von der Umkehrung des Bildes durch das Mikroskop absehe.) In diesen Beziehungen also verhält sich Bildpunkt und Zerstreuungskreis ganz so wie bei einer Convexlinse, nur dass man beim Insectenauge die einzelnen Strahlen unter dem Mikroskope sehen kann, wie sie convergirend den Bildpunkt bilden. Wir pflegen dieses sonst durch eine Zeichnung oder in einem Schema durch Fäden anschaulich zu machen, hier sieht man es unmittelbar.

Hieraus, sowie aus der oben beschriebenen directen Beobachtung durch Einstellung geht hervor, dass der Bildpunkt in der That dadurch entsteht, dass die durch eine Gruppe von Krystallkegeln hindurchgeleiteten Strahlen sich in einem Punkte schneiden.

Verschiebt man den Objectpunkt, so wandert der Bildpunkt im gleichen Sinne, woraus folgt, dass der Ort, an welchem sich die Strahlen, die durch verschiedene Krystallkegel gegangen sind, schneiden, nicht etwa der Krümmungsmittelpunkt des Gesammtauges ist, wie dies nach der ursprünglichen Müller'schen Theorie der Fall sein müsste. Dabei ist noch Folgendes zu bemerken. Stellt man auf die den Spitzen der Krystallkegel nahe liegende Ebene der Fig. 4, Taf. II ein, so gewahrt man bei der Verschiebung des Objectpunktes ein successives Erlöschen der einzelnen hellen Kreise, wobei diese selbst aber keine Verschiebung in der eingestellten Ebene erleiden. Verschiebt man die Focalebene des Mikroskopes von da aus nach vorne (Fig. 3), so bewegen sich die einzelnen Lichtpunkte entgegengesetzt der Bewegungsrichtung des Objectes; nähert man hingegen von der erstgenannten Stellung aus die Focalebene dem Bildpunkte (so dass ein zwischen Fig. 4 und Fig. 5 liegendes Bild sichtbar wird), so verschieben sich die den Facettengliedern entsprechenden hellen Flecken im gleichen Sinne mit dem Objecte.

Ich hatte zuerst hieraus gefolgert, dass in der Ebene der Fig. 4 oder in ihrer nächsten Nähe eine Spiegelung stattfinde, etwa durch

totale Reflexion in dem Sinne, wie ich das in meiner ersten Abhandlung mitgetheilt habe. Dem ist aber nicht so. Vielmehr begegnet man hier dem Unterschiede wieder, der von den optischen Phänomenen der Atmosphäre her bekannt ist. Ein von einem Punkte der Erdoberfläche ausgehender Lichtstrahl kann an oberen Schichten der Atmosphäre reflectirt werden und so in das Auge des Beobachters gelangen. Dann sieht dieser das Object höher als es wirklich liegt und verkehrt. („Luftspiegelung.") Der Strahl kann aber auch dadurch, dass mit der Höhe der Luftschichte ihr Brechungsindex abnimmt, im Bogen gebrochen und schliesslich auch dem Auge des Beobachters zugeführt werden. Dieses sieht dann das Object auch höher gelegen aber aufrecht. („Kimmung".)[1] Benützt man nämlich als Object zwei Lichtpunkte, so sieht man in der Ebene der Fig. 4 dasselbe Bild, wie bei Benützung eines Lichtpunktes. Dreht man die Mikrometerschraube im Sinne der Einstellung nach vorne, so geht jeder lichte Kreis der Fig. 4 in zwei helle Flecken auseinander, welche die Querschnitte zweier Strahlen darstellen, die nach vorne untereinander divergiren. Verdeckt man nun den linken Objectpunkt, so verschwindet der rechte helle Fleck und umgekehrt. Bewegt man die Mikrometerschraube im Sinne einer Annäherung der Focalebene von der Ebene der Fig. 4 nach dem Bildpunkte der Fig. 5, so gewahrt man dasselbe Phänomen des Auseinanderweichens je zweier Strahlen, von denen jeder seinem Bildpunkte zustrebt. Verdeckt man jetzt den linken Objectpunkt, so verschwindet der linke Strahl und umgekehrt.

Daraus geht hervor, dass man es hier mit einem Phänomene der Brechung, nicht mit einer Reflexion zu thun hat. Man kann dasselbe an meinem Schema des *Lampyris*-Auges sehr gut demonstriren, indem man zwischen die beiden Linsen eines Facettengliedes seitlich von der Axe und parallel zu derselben einen Spiegel aufstellt, und nun die aus dem Linsenpaare aus-

---

[1] Vergl. Joh. Müller, Cosmische Physik. 4. Aufl. 1875, S. 372 u. ff. Zur Erklärung dafür, dass ein Beobachter die Kimmung eines Objectes sehen könne, das mit ihm in derselben Horizontalebene liegt, glaubte Müller (S. 375) Luftschichten annehmen zu müssen, die nach unten convex sind. Diese Annahme wird nach dem, was wir nun vom Strahlengang in Linsencylindern und ähnlich geschichteten Körpern wissen, überflüssig.

tretenden Lichtbündel beobachtet, einmal unter Mitwirkung des Spiegels, das andere Mal ohne diesen.

Soviel über die Zusammensetzung des aufrechten Netzhautbildes durch die aus den Krystallkegeln austretenden Strahlen. Ich habe nun noch meine Erfahrungen über den optischen Bau des einzelnen Krystallkegels mit Einschluss seiner Cornea zu besprechen.

Legt man das abgepinselte Auge in einen Flüssigkeitstropfen hinein, so dass es allseitig von Flüssigkeit umgeben ist, und beobachtet unter gewöhnlicher Verwendungsweise des Mikroskopes, so bekommt man das aufrechte Netzhautbild nicht zu sehen. Es ist das selbstverständlich, da ja jetzt die Brechung an den beiden Endflächen geändert ist, das eingetretene Strahlenbündel also auch nicht mehr annähernd parallelstrahlig den einzelnen Krystallkegel verlässt. Wohl aber sieht man jetzt in ganz ausgezeichneter Weise die verkehrten Bildchen der Facettenglieder, die man unter normalen Verhältnissen wahrscheinlich gar nicht, jedenfalls nicht mehr als andeutungsweise sieht. Hat man eine schwach lichtbrechende Flüssigkeit gewählt, so können diese Bildchen immer noch von der Brechung an den Endflächen herrühren.

Lege ich das Auge in Anilin, dessen Brechungsindex $= 1 \cdot 588$ ist, so ist wohl nicht daran zu zweifeln, dass eine sammelnde Wirkung der Endflächen ausgeschlossen ist. Ich bestimmte seinerzeit, ehe ich das Princip der Linsencylinder gefunden hatte, den Brechungsindex der Krystallkegel von *Hydrophilus* zu

$$n = 1 \cdot 559.$$

Falls auch bei diesem Thiere der Krystallkegel einen geschichteten Bau hat, ist diese Angabe noch zu gross, so dass wohl durch Anilin die Brechung im obigen Sinne beseitigt ist. Trotzdem entwirft aber noch immer jedes Facettenglied sein verkehrtes Bildchen. Liegt das Auge mit den Spitzen der Krystallkegel nach oben gerichtet (es ist mit einem gestützten Deckgläschen bedeckt und ruht auf einem gewöhnlichen Objectträger), so sieht man das Bildchen oberhalb jener Ebene, die man dem Aussehen nach als die Spitzen der Krystallkegel tangirend betrachten muss. Es wohnt also dem Facettenglied, abgesehen von seinen Endflächen, noch eine bilderzeugende Wirkung inne,

die wohl nur auf einen geschichteten Bau desselben bezogen werden kann.

Stellt man unter den genannten Verhältnissen auf eine Ebene ein, welche vor (bei der gewöhnlichen Betrachtungsweise mit dem Mikroskope unterhalb) der Cornea liegt, so gewahrt man zu seiner Überraschung abermals, anscheinend jeder Facette entsprechend, ein Bildchen. Dasselbe ist freilich viel weniger deutlich als das erste, doch ist an seiner Existenz, insbesondere wenn man einen bewegten Gegenstand zwischen Auge und Mikroskopspiegel bringt, nicht zu zweifeln. Dieses Bildchen ist nun aber ein aufrechtes. Die Art, wie es zu Stande kommt, zu kennen, scheint mir nicht von grosser Wichtigkeit, da es physiologisch bedeutungslos ist. Wahrscheinlich ist sie die folgende. Bei der Aufsicht auf ein Facettenglied sieht man den optischen Querschnitt des Krystallkegels als kleinen Kreis, und bei etwas tieferer Einstellung den der Corneafacette als grösseren concentrischen Kreis. Zwischen den Peripherien der beiden Kreise liegt eine Zone, die ihrem Aussehen nach keine starken Brechungen hervorruft. Diese kann ihrer Gestalt nach, und da sie von einem stärker brechenden Medium umgeben ist, als Zerstreuungslinse wirken und so das aufrechte, vorne liegende Bild erzeugen, während der eigentliche Krystallkegel das verkehrte hintenliegende Bild als Sammellinse entwirft. Es schien mir wenigstens, dass beim Einstellen des Mikroskopes die ersten Spuren des aufrechten Bildes in jener Zone, die des verkehrten im inneren Kreise zu sehen waren. Nicht unmöglich wäre es auch, dass die in der Nähe der Corneaebene gelegenen Stellen, an welchen je drei Facettenglieder zusammenstossen, dadurch als Concavlinsen wirken, dass schon hier an der Axe jedes Facettengliedes das höchste Brechungsvermögen herrscht, so dass von der Mitte eines solchen Zwischenraumes aus der Brechungsindex allmählich (freilich nicht in Kreiscylinderschichten) ansteigt. Bei der Undeutlichkeit des Bildes und seiner Lage unter der Cornea ist seine Stellung zu den einzelnen Facettengliedern nicht sicher zu bestimmen. Ich halte die erste Auffassung für die wahrscheinlich richtige.

Die Überzeugung darüber, dass im Inneren des Krystallkegels das im Holzschnitt 2 abgebildete verkehrte Bildchen der äusseren Objecte liegen muss, gewann ich auf folgende Art.

Ein Auge wird in der aus der histologischen Technik bekannten Weise in Celloidin eingebettet und von demselben parallele Schnitte angefertigt, deren erster das Auge tangential trifft. In einigen der folgenden Schnitte hat man näherungsweise kreisrunde Abschnitte des Auges vor sich, in deren Centrum, oder in dessen Umgebung nur die hinteren abgestutzten Enden der Krystallkegel liegen (durch das Celloidin in situ erhalten), weiter nach aussen kommt dann immer mehr und mehr vom vorderen Theile des Krystallkegels dazu; bei passender Dicke des Schnittes ist das hintere Ende desselben aber schon abgestutzt, wenn die Corneafacette des Kegels an demselben erhalten ist. An der Peripherie des Schnittes sind also nur die vordersten Theile der Facettenglieder als runde, durch ihren optischen Effect erkennbare Scheiben zu sehen.

An dem mikroskopischen Schnitte, von dem ich hier als von einem ausgewählten Beispiele sprechen will, war kein vollständiger Kegel vorhanden, da die Dicke desselben geringer war als die Länge eines Krystallkegels. Da das Auge überdies in Celloidin lag, dessen Brechungsindex ich zwischen den Werthen von 1·561 und 1·565 fand [1], konnte die Brechung an den Grenzflächen vernachlässigt werden, wenigstens soferne es sich um eine Sammelwirkung handelte. (Sie ist wohl schon durch eine Zerstreuungswirkung ersetzt.)

Richtete ich diesen Augenabschnitt gegen zwei Lichtflammen, die in einer gegenseitigen Entfernung von 85 *mm* und in einer Entfernung vom Auge = 585 *mm* aufgestellt waren, so entwarf jedes der Facettenglieder ein verkehrtes Bild. Es war nicht möglich die Entfernung desselben von den einzelnen Facetten zu messen, doch habe ich die Grösse der Bilder mit dem Mikrometer annähernd bestimmen können. Die am äusseren Rande des Augenabschnittes gelegenen Facettenquerschnitte entwerfen Bilder, deren Grösse (d. i. die Entfernung der beiden Lichtpunkte im Bilde)

0·031 *mm*

beträgt. Sie liegen eine bedeutende Strecke hinter den Facetten-

---

[1] Natürlich in dem Quellungszustand, in dem es im Schnitte enthalten war.

durchschnitten (im Sinne des Ganges der Lichtstrahlen) und kommen nur durch den vordersten Antheil (Cornea) des Facettengliedes zu Stande. Die dem Centrum des Augenabschnittes näher gelegenen Bilder, welche von längeren Abschnitten der Facettenglieder entworfen werden, nehmen rasch an Grösse ab; ich mass die Grössen

0·011 *mm*
0·004 „
0·002 „

Dabei rücken die Bilder, wie selbstverständlich, dem Facettenabschnitte immer näher und das letztgenannte, das 15mal so klein wie das erstgenannte ist, liegt, so weit man das beurtheilen kann, in der hinteren Begrenzungsebene des Schnittes, also in der Schnittfläche des augenscheinlich abgestuzten Krystallkegels. (Von dieser Lage überzeugt man sich besser, wenn man die gewöhnliche Beleuchtung mit Tageslicht benützt und das Bild des Fensterkreuzes beobachtet.)

Es folgen dann noch weiter nach dem Centrum des Augenabschnittes Kegeln, denen man ansieht, dass der vordere Theil, wohl auch schon der mittlere Theil fehlt, denn sie erscheinen nur mehr als kleine Kreise. Die Bilder derselben werden wieder grösser, z. B.

0·005 *mm*

und entfernen sich von dem brechenden Medium. Es ist also möglich, auch mit Ausschluss der Brechung an den kugeligen Begrenzungsflächen ein Bild im Durchschnitt eines Krystallkegels zu sehen, die Wirkung der normalen vorderen Corneafläche muss dasselbe noch etwas weiter nach vorne schieben. In welchem Antheile des Kegels es im Leben liegt, wage ich nicht mit grösserer Bestimmtheit, als das oben gethan wurde, anzugeben, aber darüber, dass es in seinem Inneren liegt, kann nach dem Vorgetragenen kein Zweifel sein und ebenso wenig, dass es wesentlich durch die Schichtung der Medien zu Stande kommt.

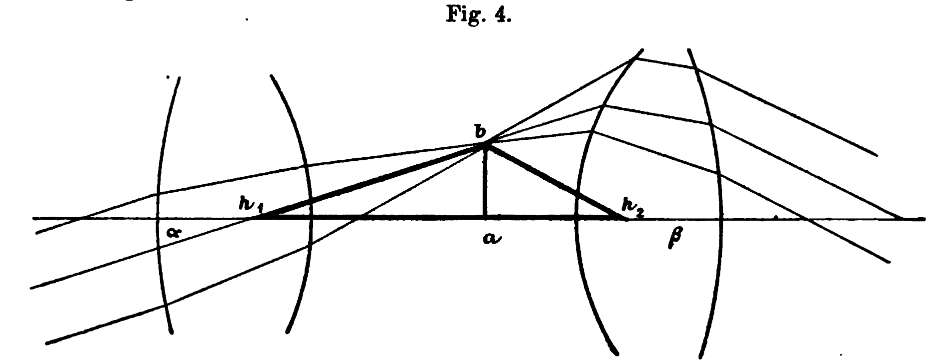
Ich brauche kaum zu erwähnen, dass die oben mitgetheilten Messungen bei der Kleinheit der Bilder keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit machen können, vielmehr sollten sie nur zeigen, dass die Bilder in der Richtung eines Radius des Tangen-

tialschnittes erst an Grösse ab, dann wieder zunehmen, wodurch auch schon die Variation der Bildweite illustrirt ist.

5. Dioptrische Berechnung des *Lampyris*-Auges.

Wir haben gesehen, dass ein Krystallkegel mit Einschluss der Cornea wie ein astronomisches Fernrohr wirkt, das auf unendliche Entfernung eingestellt ist. Die Ablenkung, die ein Strahl durch ein solches erleidet, ergibt sich aus Holzschnitt Fig. 4.

Fig. 4.



$$a\,b = a\,h_1 \operatorname{tang} \alpha = a\,h_2 \operatorname{tang} \beta.$$

Nennen wir die beiden Brennweiten $a\,h_1$ und $a\,h_2$, φ_1 und φ_2, so ist

$$\frac{\operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang} \beta} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \text{Const.}$$

Unter der Voraussetzung, dass die Winkel α und β klein seien, kann man

$$\frac{\operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang} \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

setzen, und erhält für die Ablenkung eines Strahles durch den Krystallkegel

$$\varphi_1 \sin \alpha = \varphi_2 \sin \beta_1 \ldots\ldots\ldots\ldots 1)$$

eine Formel, die dem Brechungsgesetze ähnlich ist, und von ihm sich dadurch unterscheidet, dass statt der Brechungsindices der beiden Medien die beiden Brennweiten eingetreten sind.

Denken wir uns nun das kugelig gekrümmte Auge von Lichtstrahlen getroffen, deren jeder (wenigstens wenn er überhaupt zur Verwerthung gelangt) in einem Krystallkegel nach dem genannten Gesetze abgelenkt wird, so lässt sich die Berechnung des Bildes, der optischen Constanten u. s. w. in ganz analoger Weise, wie bei einer kugelig gekrümmten Trennungsfläche zweier Medien ausführen. Was bei dieser Radius oder Einfallsloth ist, ist beim Insectenauge Radius des Auges oder Axe des Facettengliedes; nur liegt bei dem letzteren der gebrochene Strahl mit dem eintretenden auf derselben Seite des Einfallslothes, und müssen wir die Dicke der optisch wirkenden Schichte, das ist die Länge der Krystallkegeln vernachlässigen.

Hiernach habe ich den in Holzschnitt Fig. 4 versinnlichten Strahlengang geometrisch construirt und zwar für den Fall, dass die Winkel nicht sehr klein und

$$\frac{\operatorname{tang}\beta}{\operatorname{tang}\alpha} = 1 \cdot 5$$

ist. Man sieht, dass die Vereinigung der Strahlen in einer kaustischen Kegelfläche, ähnlich wie bei sphärischen Flächen, stattfindet.

Im Folgenden habe ich die Rechnung ganz im Anschlusse an die Berechnung der Brechung an einer Kugelfläche, welche v. Helmholtz in seiner physiologischen Optik[1] gibt, durchgeführt. Es ergeben sich, wie zu erwarten war, abgesehen von den Vorzeichen ganz analoge Formeln, ich suchte dies durch Beibehaltung der üblichen Bezeichnungen hervortreten zu lassen.

Es sei $b\,c$ (Holzschnitt 5) die Wölbung des Gesammtauges, $a\,p$ eine durch den Krümmungsmittelpunkt a derselben gehende Gerade, p ein Punkt, von dem aus ein Strahl nach c gelangt, $a\,d$ ist das Einfallsloth für diesen Strahl, der gebrochene Strahl schneide ab im Punkte q. Nach Gleichung 1 ist

$$\varphi_1 \sin p\,c\,d = \varphi_2 \sin a\,c\,q.$$

In dem Dreieck $p\,c\,a$ ist

$$\frac{\sin p\,c\,a}{\sin c\,p\,a} = \frac{a\,p}{a\,c}$$

[1] 2. Aufl. S. 60 u. ff.

und im Dreiecke $a\,c\,q$

$$\frac{\sin q\,c\,a}{\sin c\,q\,a} = \frac{a\,q}{a\,c}\ .$$

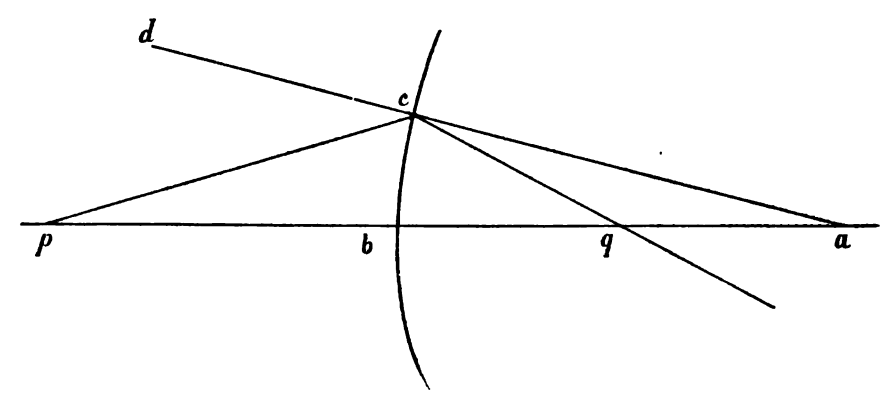
Durch Division der ersten dieser beiden Gleichungen durch die zweite, und unter Berücksichtigung von

$$\sin p\,c\,a = \sin p\,c\,d$$

erhält man

$$\frac{\sin p\,c\,d}{\sin q\,c\,a} \cdot \frac{\sin c\,q\,a}{\sin c\,p\,a} = \frac{a\,p}{a\,q}\ .$$

Fig. 5.



Nun ist nach Gleichung 1)

$$\frac{\sin p\,c\,d}{\sin q\,c\,a} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1}$$

und im Dreiecke $p\,c\,q$

$$\frac{\sin c\,q\,b}{\sin c\,p\,a} = \frac{c\,p}{c\,q},$$

so dass man die obige Gleichung mit Rücksicht auf $\sin cqa =$ $= \sin cqb$ auch schreiben kann:

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} \cdot \frac{cp}{cq} = \frac{ap}{aq} \qquad \ldots\ldots\ldots 2)$$

Wenn die Strahlen nahe bei b das Auge treffen, so ist

$$\frac{cp}{cq} = \frac{bp}{bq}$$

und Gleichung 2) lautet

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} \cdot \frac{bp}{bq} = \frac{ap}{aq} \qquad \ldots\ldots\ldots 3)$$

Es mögen nun für die Entfernungen der beiden conjugirten Punkte q und p von dem dioptrischen Apparate einerseits und von dessen Mittelpunkte andererseits andere Zeichen eingeführt werden, die alle positiv zu rechnen sind, wenn sie von den genannten Orten nach der Richtung des einfallenden Lichtes liegen.

$$\begin{aligned} ab &= r \\ bp &= f_1 \\ bq &= -f_2 \\ ap &= g_1 \\ aq &= g_2 \end{aligned}$$

Man ersieht aus der Zeichnung:

$$\left.\begin{aligned} f_1 + r &= g_1 \\ -f_2 &= r - g_2 \end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots 4)$$

Gleichung 3) führt dann zu

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\varphi_1}{f_1} + \frac{\varphi_2}{f_2} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{-r} \\ \text{oder} \quad &\\ &\frac{\varphi_1}{g_2} + \frac{\varphi_2}{g_1} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{r} \end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots 5)$$

Bezeichnet man, wenn $f_1 = \infty$ und $g_1 = \infty$ werden, die betreffenden Werthe von f_2 und g_2 mit grossen Buchstaben, so ergibt sich aus 5)

$$\left.\begin{aligned} F_2 &= \frac{-r\varphi_2}{\varphi_1 + \varphi_2} \\ G_2 &= \frac{r\varphi_1}{\varphi_1 + \varphi_2} \end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots 6)$$

und entsprechend wenn f_2 und g_2 unendlich werden

$$\left.\begin{aligned} F_1 &= \frac{-r\varphi_1}{\varphi_1+\varphi_2} = -G_2 \\ G_1 &= \frac{r\varphi_2}{\varphi_1+\varphi_2} = -F_2 \end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots 7)$$

Woraus folgt

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{G_2}{G_1}$$

Aus Gleichung 6) geht hervor, dass wenn

$$\varphi_1 = \varphi_2$$

ist, d. h. wenn das astronomische Fernröhrchen, das das Facettenglied ersetzen könnte, aus zwei gleichen Linsen bestünde, der zweite Brennpunkt des *Lampyris*-Auges in der Hälfte seines Radius läge, also da, wo der Brennpunkt eines Convexspiegels liegt. Nur ist das Netzhautbild ein reelles Bild. Aus den Gleichungen 7) ersieht man, dass an derselben Stelle auch der erste Brennpunkt des Auges läge.

Aus diesen beiden Gleichungen geht weiter hervor

$$r = G_1 + G_2 = -(F_1 + F_2)$$

Auch kann man durch dieselben die Werthe φ_1 und φ_2 eliminiren[1], indem auf Grund derselben die Gleichung 5 in die bekannte Formel übergeführt wird:

$$\left.\begin{aligned} \frac{F_1}{f_1} + \frac{F_2}{f_2} &= 1 \\ \frac{G_1}{g_1} + \frac{G_2}{g_2} &= 1 \end{aligned}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots 8)$$

---

[1] Prof. V. v. Lang, dem ich die im Texte enthaltene Rechnung mittheilte, hatte die Freundlichkeit, mich darauf aufmerksam zu machen, dass schon aus den Betrachtungen, die zu meiner Gleichung 1) führen, hervorgeht, dass für die in Rede stehende Strahlenbrechung die Formel gilt

$$n_1 \beta_1 \sin \alpha_1 = n_2 \beta_2 \sin \alpha_2.$$

Man könne

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2 \beta_2}{n_1 \beta_1} = -\mu$$

woraus folgt:

$$\left.\begin{aligned} f_1 &= \frac{F_1 f_2}{f_2 - F_2} \\ f_2 &= \frac{F_2 f_1}{f_1 - F_1} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 9)$$

Kommen, entsprechend dem oben angeführten Versuche, die Lichtstrahlen von der Seite der Retina, so wird in der Formel 5)

$$\begin{aligned} \varphi_1 &\text{ zu } \varphi_2 \\ \varphi_2 &\text{ „ } \varphi_1 \\ f_1 &\text{ „ } -f_2 \\ -f_2 &\text{ „ } f_1 \end{aligned}$$

so dass diese Formel die Gestalt annimmt:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\varphi_1}{f_1} + \frac{\varphi_2}{f_2} &= \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{r} \\ \frac{\varphi_1}{g_2} + \frac{\varphi_2}{g_1} &= \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{-r} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 10)$$

d. h. die Formel bleibt, wie bei der gewöhnlichen Brechung bestehen, nur ist das Vorzeichen des Radius zu ändern. Es liegt also das verkehrte Bildchen, das man beim umgekehrten Strahlendurchgang sieht, gerade an dem Orte, wo das normale Netzhautbild liegt, wenn der Gegenstand jedesmal in grosser Entfernung ist.

Was nun die Berechnung der Bildgrösse betrifft, so geht aus Holzschnitt 6 hervor:

$$\frac{p\,s}{r\,t} = \frac{a\,p}{a\,r} = \frac{g_1}{g_2}$$

---

setzen, woraus folgt

$$\frac{F_1}{f_1} + \frac{F_2}{f_2} = 1$$

und

$$F_1 = -\frac{r}{\mu + 1}$$

$$F_2 = \frac{\mu\, r}{\mu + 1}$$

Setzt man

$$ps = \beta_1$$
$$rt = \beta_2$$

so erhält man

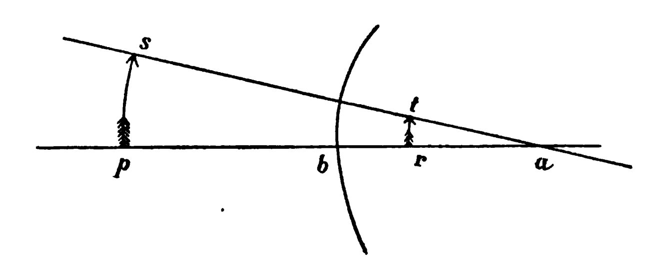
$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{g_1}{g_2}$$

und unter Berücksichtigung der Gleichungen 4) — 7)

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{g_1 - G_1}{G_2} = \frac{G_1}{g_2 - G_2}$$

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{F_1 - f_1}{F_1} = \frac{F_2}{F_2 - f_2}$$

Fig. 6.



Erwägt man, dass in Fig. 6 *rt* gegen *b* rückt, wenn *sp* sich *b* nähert, so sieht man, dass sie in *b* bei gleicher Grösse und Richtung zusammentreffen müssen.

Aus der letzten Gleichung geht nämlich hervor, dass wenn

$$\beta_1 = \beta_2$$

sein soll $f_1 = 0$ ist, d. h. die beiden Hauptpunkte liegen in der brechenden Fläche, oder mit Rücksicht auf die Verhältnisse des Insectenauges: Jedem Facettenglied entspricht ein vereinigter Hauptpunkt des Auges und die Summe dieser Hauptpunkte sind in einer Kugelfläche um den Krümmungsmittelpunkt angeordnet.

Ich will nicht verhehlen, dass die Prüfung der vorstehenden Formeln durch directe Messungen, so befriedigend sie bei meinem Schema des *Lampyris*-Auges ausgefallen ist, bei letzterem selbst Vieles zu wünschen übrig liess. Es beruht dies zweifellos

auf jener Ungenauigkeit in der Bestimmung der Lage und Grösse des Bildes, auf die ich schon wiederholt hingewiesen, auf der in der Rechnung nothwendig gewesenen Vernachlässigung der Länge der Krystallkegel, und auf den unvollkommenen Spirituspräparaten, an denen ich die Prüfung vorgenommen habe. Erwägt man wie gross die Fehler ausfallen müssen, wenn man in jenen Formeln z. B. eine Brennweite nur um Weniges zu gross oder zu klein annimmt, so kann das nicht wundern.

Ich kann die physikalische Besprechung unseres Gegenstandes nicht verlassen, ohne die Frage zu berühren, ob es denn gerechtfertigt ist, aus dem von mir geschilderten optischen Verhalten des Facettengliedes zu schliessen, dass dasselbe nach dem Principe des Linsencylinders gebaut ist. Es hat nämlich in neuester Zeit Matthiessen[1] die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, dass ein Satz von, an einer Axe angereihten Kugelschalen, von denen jede parallele Begränzungsflächen hat, auch die Wirkung einer Sammellinse zeigt, wenn der Brechungsindex der Kugelschalen in der Richtung des Ganges der Lichtstrahlen abnimmt, und die Concavität derselben dem einfallenden Lichte zugewendet ist. Es ist diese Linsenwirkung auch dann noch vorhanden, wenn das ganze System an beiden Enden mit planen Flächen schliesst. Es bildet dann auch einen Cylinder mit Linsenwirkung. Matthiessen hat einen solchen anfertigen lassen und als Etagenlupe beschrieben.

Es frägt sich also, ob die Wirkung des Facettengliedes nicht etwa auf dem Principe der Etagenlupe beruht? Ich glaube, man muss das verneinen, denn um die Wirkung zweier Convexlinsen von so kurzer Brennweite nach diesem Principe zu erzielen, wären Differenzen im Brechungsindex der verschiedenen Schichten von einer so enormen Grösse vorauszusezten, wie dies für die Chitinmassen verschiedener Dichtigkeit unmöglich angenommen werden kann, und wie sie weiter auch auf den ersten Blick unter dem Mikroskope gesehen werden müssten. That-

---

[1] Centralblatt f. Opt. und Mech. VII. Nr. 10 und Exner's Repertor. d. Physik. XXII. S. 333.

sächlich aber macht der hinterste Theil des Krystallkegels nicht den Eindruck von merklich geringerem Brechungsvermögen als der vordere, und entwirft, wie wir oben sahen, auch wenn er abgestutzt ist und allein wirkt noch ein sehr kleines Bildchen, wirkt also sehr stark.

Damit soll nicht gesagt sein, dass das Princip der Etagenlupe überhaupt bei Insectenaugen nicht in Anwendung steht. Matthiessen führt einige Insectenaugen an, von deren Cornea er, da sie nach den Untersuchungen Grenacher's eine Schichtung mit nach hinten gerichteter Convexität zeigen, auch vorauszusetzen ist, dass die hinteren Corneaschichten als die jüngeren von geringerem Brechungsvermögen sind, vermuthet, dass sie nach dem Principe der Etagenlupe wirke. Für das *Lampyris*-Auge allerdings bildet schon M. Schultze [1] eine Schichtung ab, welche der hier postulirten entgegengesetzt ist, d. h. deren Convexitäten nach vorne sehen. Doch mag das Princip bei vielen Thieren verwerthet sein, insbesondere in der von Matthiessen (Repert. d. Phys. 1886), S. 350 abgebildeten Modification, in welcher es eine Mischform von Linsencylinder und Etagenlupe darstellt. Es bilden nämlich da die einzelnen Schichten hyperbolische Schalen, die in Richtung der Axe dicker, an den weit über andere Schichten übergreifenden Rändern dünner sind, so dass auch hier eine Schichtung von aussen nach innen im Sinne der Zunahme des Brechungsvermögens vorhanden ist.

Ferner ist hier der Ort, darauf aufmerksam zu machen, dass man die ganze Bilderzeugung im *Lampyris*-Auge auch anders, und zwar in folgender Weise auffassen kann. Jedes Facettenglied hat sich als ein astronomisches Fernrohr herausgestellt. Es entwirft also jedes derselben ein aufrechtes Bild auf der Netzhaut. Falls, wie wir annahmen (ob mit Recht dürften genauere Untersuchungen an frischem Material vielleicht entscheiden lassen), das Fernrohr auf unendlich eingestellt ist, d. h. die austretenden homocentrischen Strahlen parallel verlaufen, wird das Bild, wo immer man es auf einem Schirm auffinge, bei der Kleinheit des Querschnittes eines solchen Strahlencylinders gegenüber den Dimensionen des Bildes immerhin ziemlich scharf sein. Diese aufrechten Netzhaut-

[1] L. c. Taf. II, Fig. 27.

bilder der einzelnen Facettenglieder decken sich aber in der Art, dass laut Abbildung 3 und 4 der Taf. II ungefähr dreissig Netzhautbilder für jeden Punkt des abzubildenden Gegenstandes übereinander liegen. Für einen zweiten Punkt desselben sind es wieder dreissig andere, oder je nach der Entfernung vom ersten Punkte nur theilweise andere Facettenglieder, deren aufrechte Bilder das definitive Netzhautbild zusammensetzen. Diese dreissig Bilder sind — abgesehen von den Änderungen der optischen Constanten an der Peripherie des Auges und von anderweitigen kleinen Abweichungen — congruent, und unterscheiden sich nur durch die Lage ihrer Begrenzung, indem die mehr rechts gelegenen Facettenglieder noch Theile des Objectes enthalten, welche in diesem mehr rechts liegen, die nach links gelegenen mehr von den linksseitigen Antheilen des Objectes. Man kann desshalb zur Charakterisirung dieser Art der Bilder, und zum Unterschied des definitiven Netzhautbildes von den einzelnen dasselbe zusammensetzenden Bildern der Facetten, ein in der geschilderten Art entstandenes Bild ein Summationsbild nennen.

---

6. Folgerungen, betreffend die Functionsweise des Insectenauges im Allgemeinen.

Dass unser Leuchtkäferchen ein aufrechtes Netzhautbild hat und mit diesem sieht, wird nach dem Vorstehenden wohl nicht mehr bezweifelt werden, auch die Art, wie dieses Bild zu Stande kommt, darf, abgesehen von nebensächlicheren Umständen, als erkannt betrachtet werden, doch drängt sich jetzt die Frage auf, ob diese Art Netzhautbilder für alle Facettenaugen angenommen werden soll.

Zunächst ist klar, dass zum Zustandekommen des Summationsbildes eine durchsichtige Masse zwischen den hinteren Enden der Krystallkegeln und der Retina liegen muss; dies ist beim *Lampyris*-Auge der Fall, trifft auch für viele andere zusammengesetzte Augen zu; die älteren Arbeiten sprechen von einem Glaskörper des Insectenauges in Analogie zu dem des Wirbelthierauges. Doch gibt es auch zahlreiche Insecten, bei welchen dieser Glaskörperraum, abgesehen von einem durchsichtigen Faden, welcher Krystallkegel und Netzhautelement

verbindet, mit schwarzem Pigmente erfüllt ist. (Vergl. z. B. Grenacher's Untersuchungen, Taf. VIII, Fig. 81.) Hier ist eine Entstehung des Summationsbildes unmöglich, weil von jedem Krystallkegel eben nur in einer Richtung das Licht zur Netzhaut gelangen kann.

Diese doch recht nennenswerthe Verschiedenheit in der Functionsweise zweier im Übrigen so ähnlich gebauter Organe, nöthigt immerhin nach einer Vermittlung der Gegensätze zu suchen, und so mag es gestattet sein, folgende Hypothese auszusprechen. Wir wissen, dass das Pigment der Froschretina (und auch anderer Wirbelthiere) bei Belichtung des Auges zwischen die Stäbchen vorgeschoben wird, so dass es da, in grosser Menge angehäuft, die einzelnen Netzhautelemente von einander scheidet. Im Dunkeln zieht es sich gegen die Choreoidea zurück, dass die Netzhaut fast ganz frei von demselben wird. Ich vermuthe nun, dass bei den Insecten ein ähnlicher Vorgang an den Krystallkegeln stattfindet, und dass das Pigment die Helligkeit des Netzhautbildes gleichsam regulirt. In meinem Präparate des *Lampyris*-Auges — die Thiere wurden des Nachts gefangen — ist das Pigment aus der Glaskörperschichte zurückgezogen, es war dem Bedürfnisse entsprechend die grösstmögliche Helligkeit des Netzhautbildes erzielt, indem die aus allen dreissig Kegeln stammenden Strahlen sich an einem Punkte vereinigen konnten. Wäre das Thier im hellen Sonnenscheine gesessen, ehe es getödtet wurde, so würde das Pigment vielleicht in die mit Pg II bezeichnete Schichte der Fig. 2, Taf. I, hineinreichen, ja sie vielleicht so stark durchsetzen, dass nur eine von der Spitze des Krystallkegels zum Retinaelement verlaufende Strecke frei bliebe, in Analogie zu mancher Abbildung von Insectenaugen. Es wäre dann von dem Bildpunkte alles Licht abgehalten, mit Ausnahme des durch das eine Facettenglied einfallende, das Netzhautbild wäre in seiner Helligkeit bedeutend herabgesetzt.[1]

---

[1] Ich habe oben angeführt, dass ich das Netzhautbild bei ertränkten Rosenkäfern schöner fand, als bei frischen. Da ich erstere in einer undurchsichtigen, mit Deckel versehenen Dose getödtet hatte, und es bekanntlich recht lange dauert, bis ein Insect im Wasser erstickt, so wäre es möglich, dass das bessere Netzhautbild auf dem Ausschluss des Lichtes vor dem Tode beruht habe.

Zwischen diesen beiden Extremen könnten Mittelstufen existiren und so eine Regulirung der Intensität des Netzhautbildes bewirkt werden, wie bei den Wirbelthieren eine solche durch die Iris bewirkt wird.

Wenn also der Glaskörperraum z. B. von ***Melolontha vulgaris*** dicht mit Pigment erfüllt gefunden wird (Grenacher l. c.), so möchte ich vorläufig noch nicht daraus folgern, dass bei der grossen Ähnlichkeit des optischen Baues dieses Auges und dem des Leuchtkäferchens es sich die Natur gleichsam entgehen liess, auf so leichte Weise die Helligkeit des Netzhautbildes zu verdreissigfachen, halte es vielmehr für möglich, dass wenn dieser Maikäfer bei seinem nächtlichen Hochzeitsfluge gefangen und getödtet worden wäre, das Bild der Pigmentvertheilung anders aussehen würde.[1]

Diese Vermuthungen werden sich übrigens bei günstigen Objecten und günstiger Jahreszeit leicht bestätigen oder widerlegen lassen.

Ich bin, wie man sieht, weit davon entfernt, das für das *Lampyris*-Auge gefundene Princip der Bilderzeugung mit Gewalt auf alle zusammengesetzten Augen ausdehnen zu wollen, glaube aber doch, dass man sich nun umsehen müsse, auf welche Formen von Augen dasselbe noch anwendbar ist, und ob man nicht auf Grund derselben einiges Licht in manche bisher ganz dunkle anatomische Verhältnisse bringen kann.

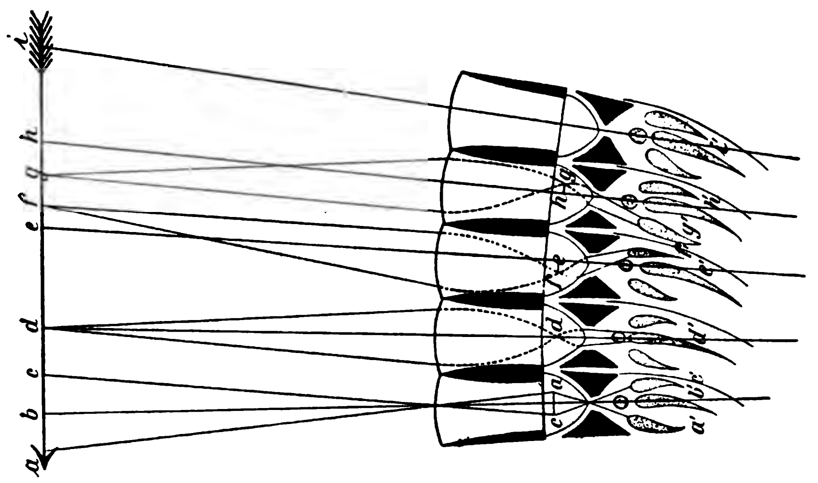
Da sind vor Allem die aconen und pseudaconen Augen (nach Grenacher's Nomenclatur), bei welchen die Zellen der Retinula so nahe an dem dioptrischen Apparate liegen, ausserdem die „Stäbchen“ der Retinulazellen eine solche Stellung haben, dass man sich kaum vorstellen kann, es werde das Bild eines Objectpunktes durch mehr wie einen, vielleicht eben noch durch die benachbarten sechs — also durch sieben — Facettenglieder entworfen. Dabei ist die Retinula von grossem Querschnitt, besteht aus gewöhnlich sieben Zellen mit den dazu-

---

[1] Vergl. auch die Abbildung, welche Claparède (Zeitschr. f. wiss. Zoologie X, Taf. XII, Fig. 4) vom Auge der *Sphynx Euphorbiae* gibt, bei welchem auch das Pigment nur ein wenig zurückgezogen zu werden braucht, um die Verhältnisse wie bei *Lampyris* herzustellen.

gehörigen sieben Stäbchen, und ist von dem dioptrischen Theile des Facettengliedes durch Pigment getrennt, so dass nur durch eine ganz enge Öffnung in demselben Licht zur Retinula gelangen kann, dieses aber dann stark divergiren muss, soll es die seitlichen Zellen der Retinula überhaupt erreichen. Ich habe in Holzschnitt 7 eine halb schematische Zeichnung einer Anzahl solcher Facettenglieder von einer Kammücke *(Ctenophora flaveolata)* wiedergegeben, indem ich eines der von Grenacher in seinen „Untersuchungen" Taf. VII, Fig. 46, abgebildeten Facettenglieder

Fig. 7.



in seinen hauptsächlichsten Contouren durchpauste und mehrmals nebeneinander stellte. Man sieht die vorne gewölbten Corneafacetten, die, von ziemlicher Dicke, durch Pigmentlagen von einander getrennt sind, und an welche sich, unten einen stumpfen Kegel bildend, die Krystallkegelzellen anschliessen. Die Contouren und Kerne dieser Zellen (es sind vier vorhanden) habe ich nicht gezeichnet. Nun kommt abermals eine Pigmentlage, welche, den Kegelspitzen entsprechend, je eine kleine Öffnung hat, und darauf folgt die Retinula aus je sieben Zellen bestehend. Die Stäbchen je dreier Zellen sind halb perspectivisch als langgestreckte palmettenartige Figuren zu sehen, ein viertes Stäbchen erscheint nur in der Verkürzung als rundlicher Querschnitt. Die Zellgrenzen habe ich nicht gezeichnet, wissen wir doch aus Grenacher's gerade in dieser Beziehung besonders hervor-

ragenden Arbeiten, dass jedes der Stäbchen ein Theil der empfindenden Netzhautzelle ist, dass es sich also anscheinend darum handelt, zunächst diesen stark lichtbrechenden Stäbchen, dem einzigen constanten Elemente in den Augen sowohl der Gliederthiere als der Wirbelthiere, das Licht zuzuführen.

Ich gestehe, dass ich, als ich diese und ähnliche Abbildungen das erste Mal sah, rathlos vor denselben gestanden bin, ja man wird fast verleitet, zur bekämpften Theorie von den vielen verkehrten Bildchen zurückzukehren, wenn es nicht zu sinnlos wäre, anzunehmen, dass ein Netzhautbild durch nur sieben Retinalelemente percipirt, für das Thier von irgend einem Nutzen wäre. Ganz anders gestalten sich die Dinge, wenn man voraussetzt, dass der dioptrische Apparat jedes Facettengliedes, wie beim *Lampyris*-Auge als astronomisches Fernrohr wirkt; ob das nun gerade auf Unendlich eingestellt ist oder nicht, darauf kommt es hier gar nicht so genau an. Dann entsteht auch hier ein aufrechtes Bild im Gesammtauge, wie dies die Zeichnung wohl ohne Weiteres klar macht. Es werden jetzt wieder zwei benachbarte Stäbchen *(a', b, c' . . .)* im Allgemeinen von Strahlen getroffen, die von benachbarten Stellen des Objectes ausgehen, auch wenn die beiden Stäbchen verschiedenen Facettengliedern angehören *(f', g')*. Man versteht jetzt, warum die Stäbchen so weit auseinander liegen und warum sie die eigenthümliche Krümmung haben, man versteht die kleine Lücke im Pigmente u. s. w. Ich mache darauf aufmerksam, dass es gar nicht darauf ankommt, ob die optische Wirkung nach dem Principe des Linsencylinders, der Etagenlupe, oder, da es sehr stark gewölbte Corneafacetten gibt, durch Brechung ganz oder theilweise zu Stande kommt, ob an der Spitze der Krystallkegelzellen eine Brechung oder etwa in ihrer Nähe eine totale Reflexion stattfindet, wenn nur der Verlauf der Strahlen ein ähnlicher ist, wie bei *Lampyris*.

Das Auge dieses letzteren würde sich also vom Mückenauge dadurch unterscheiden, dass es eine grössere Anzahl von Facettengliedern zur Entwerfung eines Bildpunktes verwendet, und dass weiter jedes Facettenglied bei der Mücke noch mehrere Localzeichen zu liefern vermag, entsprechend der Multiplicität seiner Retinula. Die Mücke würde hiernach schärfer sehen, als das

Leuchtkäferchen, aber hiezu mehr Licht bedürfen, was mit dem, was wir vom Leben dieser Thiere wissen, gut stimmt. Es ist klar, dass bei einem gegebenen Krümmungshalbmesser der Gesammtcornea die Retina um so weiter nach rückwärts rücken muss, je mehr Facettenglieder sich nach den Principien der Summationsbilder an der Bilderzeugung eines Punktes betheiligen sollen, dass dann aber der Platz für die Retinaelemente immer mehr reducirt wird.

Es mag darin ein Schlüssel zum physiologischen Verständnisse des Verschmelzens der Retinalelemente liegen, das bei vielen eukonen Augen gefunden wird. Grenacher hat ja gezeigt, dass die „Stäbchen" des Mückenauges bei anderen Thieren zu einem soliden Stab, dem „Rhabdom" vereinigt gefunden werden.

Ist das Bild des *Lampyris*-Auges, wie ich gezeigt habe, ein dioptrisches Bild, dann drängt sich auch wieder die Frage nach der Accommodation des Insectenauges in den Vordergrund. Nähert sich der Gegenstand dem Auge, so rückt das Bild, im Gegensatze zum Wirbelthierauge, nach vorne. Ich mass diese Verschiebung in einem Falle. Sie betrug 0·092 *mm*, wenn der Gegenstand aus der Entfernung von 810 *mm* in die von 1·2 *mm* gebracht wurde. Um den Gegenstand so nahe zu bringen, benutzte ich den Kunstgriff, von demselben durch den Abbe'schen Beleuchtungsapparat ein Bild zu entwerfen; dieses fungirte als abzubildender Gegenstand. Die Messungen sind aus den oben angeführten Gründen nur approximativ, doch zeigen sie zur Genüge die Grössenordnung der Verschiebung, um die es sich bei diesem Auge handelt. Man wird wohl kaum zweifeln, dass das herumfliegende *Lampyris*-Männchen mit dem Auge das im Grase sitzende leuchtende Weibchen sucht, dass es also diesen Lichtpunkt mit näherungsweise auf unendlich eingestelltem Auge sieht, ob es aber auch noch deutliche Bilder von 1·2 *mm* entfernten Objecten bekommt, mag wohl fraglich erscheinen, ebenso ob überhaupt eine Accommodation vorhanden ist. Die Dicke der Netzhaut ist, wie Fig. 2 zeigt, nicht ganz unbedeutend, wir wissen nicht, ob im Innern dieser Netzhaut noch eine dünne Schichte als empfindliche

Schichte anzunehmen ist. Wenn die Retina in ihrer ganzen Dicke erregbar wäre, so würde das allerdings, soweit man diess nach unseren heutigen Kenntnissen beurtheilen kann, die Distinctionsfähigkeit im Ganzen schwächen, doch wäre die Accommodation dadurch innerhalb gewisser Grenzen wenigstens überflüssig. Das Netzhautbild könnte um circa 0·04 *mm* seine Entfernung von der Cornea ändern und läge immer noch in der Netzhaut.

Grenacher hat neuerdings die genetische Verwandtschaft der beiden Augentypen einer Discussion unterzogen, des zusammengesetzten und des einfachen, nach dem Typus des Wirbelthierauges gebauten, Stemmas.

In der That man findet bei verwandten Thieren, ja an einund demselben Kopfe nebeneinander die zwei Augenformen, das eine Auge sieht mit verkehrtem, das andere mit aufrechtem Netzhautbilde. Wo ist da das Bindeglied, nach dem wir doch stets zu suchen pflegen, wie kann überhaupt ein Bindeglied zwischen einem aufrechten und einem verkehrten Bilde, zwischen dem Bilde einer Lupe und dem Summationsbilde vieler astronomischer Fernrohre aufzufinden sein.

Ich will zum Schlusse hierüber noch ein paar Worte vom optischen Standpunkte sagen, um so mehr als mich meine Betrachtungen zu wesentlich demselben Resultate geführt haben, das Grenacher auf Grund seiner morphologischen Untersuchungen gefunden hat.

Eine warzenartige Verdickung der Cuticula mit einer oder einigen darunterliegenden Sinneszellen, die im Stande sind Ätherbewegungen als solche, oder nach ihrer durch ein schwarzes Pigment bewirkten Umwandlung in Wärmebewegung, zu Nervenerregung umzusetzen, kann wohl in den rohesten Zügen als Urauge betrachtet werden. Solche Uraugen sehen wir auch noch heute bei niederen Thieren. Sie sind bei gegebener Stellung im Stande Hell und Dunkel, sowie die Richtung zu unterscheiden. Ein im Wasser schwimmendes Thier wird durch dasselbe erkennen können, nach welcher Richtung die leuchtende Oberfläche liegt.

Nun sind zwei Arten der Vervollkommnung dieses einfachsten Sehapparates möglich. Erstens die Verdickung der Cuticula (auch die Linse des Menschen entwickelt sich noch aus dem äusseren Keimblatt) nimmt immer mehr die Gestalt einer optischen Linse an, und die Sinneszellen nähern sich der Brennweite derselben. Schon bei der einfachsten warzenartigen Verdickung wird im Allgemeinen die in der Axe derselben gelegene Sinneszelle, dann die intensivste Erregung erleiden, wenn diese Axe der Sonne zugekehrt war, es war also da schon ein Beginn der Localisirung vorhanden, wenn überhaupt mehrere Sinneszellen im Urauge angenommen werden. Denken wir uns diese Zelle allmählig vervielfältigt und gegen die Brennweite der Linse rücken, so wird, da der von der Sonne stammende Lichtkegel in immer intensiveren Partien von den Sinneszellen aufgefangen wird, die Localisirungsfähigkeit stetig zunehmen, und wir gelangen so ohne Sprung — und darauf kommt es hier ja ausschliesslich an — bei ebenso stetig zunehmendem Werthe des Organes für seinen Träger zu den einfachen aber hoch entwickelten Augen der Spinnen u. dgl., sowie der Wirbelthiere. Die Sinneszellen breiten sich in grosser Anzahl in der Brennebene der brechenden Medien also in einer nach vorne concaven Fläche aus und empfangen das verkehrte Bild.

Zweitens kann sich das Urauge durch Multiplication vervollkommnen und so zum zusammengesetzten Auge werden. Das Thier, das ein Urauge besitzt, bekommt in einem gegebenen Momente nur Nachricht darüber, ob in der Richtung, welche der Axe und deren Umgebung entspricht, helle Objecte sind, will es über eine andere Richtung Erfahrungen einziehen, so muss es den Körper wenden. Soll das Thier zu gleicher Zeit über mehrere Richtungen orientirt werden, so müssen sich mehrere Augen entwickelt haben, deren Axen divergiren. Zwei solcher Augen geben dann in ihrer vereinten Wirkung schon den ersten Anfang eines aufrechten Bildes. Je grösser die Anzahl dieser primitiven Augen geworden ist, desto vollkommenere Localisirung ist möglich. So entstehen, wieder ohne Sprung, die zahlreichen radiär angeordneten Facettenglieder des zusammengesetzten Auges, von denen jedes noch die ursprünglichen Elemente birgt. Bei der Kleinheit der Cuticularlinsen wird die Quantität des in ein Auge

dringenden Lichtes eine geringe sein, es bilden sich Elemente in den vorhandenen Zellen, welche deren Brechungsindex erhöhen und dadurch eine möglichst vollkommene Concentration dieser Lichtbündelchen an den Sinneszellen bewirken. Denken wir uns in Holzschnitt 7 hätten sich die brechenden Medien soweit vervollkommt, dass die z. B. von *d* ausgehenden Strahlen an der Spitze der Krystallkegelzellen vereinigt werden. Dann würde von diesem Vereinigungspunkte ein Strahlenkegel auf die in der Zeichnung angedeuteten Sinneszellen fallen, so dass diese alle näherungsweise gleich stark erregt werden. Würde der dioptrische Apparat allmählig stärker werden, so dass der Vereinigungspunkt in den Krystallkegel hinein und in denselben nach vorne rückte, so wird der Spitzenwinkel des austretenden Strahlenkegels immer kleiner, in Folge dessen die central gelegene Zelle *d'* am stärksten, die benachbarten weniger stark erregt werden; dafür träfen diese letzteren jetzt eine grössere Anzahl von Strahlen, die von einem *d* (des Pfeiles) benachbarten Punkte ausgehen, was früher nicht, oder doch nicht in dem Masse der Fall war. Da hierdurch die Leistungsfähigkeit des Auges stetig wächst, so ist diese Entwickelung möglich, und kann so lange fortschreiten bis die in der genannten Figur gezeichnete Stellung des Vereinigungspunktes erreicht ist, d. h. bis aus dem dioptrischen Apparate des Urauges ein astronomisches Fernrohr geworden ist.

So kann man sich den Typus des Mückenauges (Fig. 7) entstanden denken. Die aufrechten Bilder desselben sind von sehr geringer Helligkeit. Soll diese Helligkeit steigen, so kann das stetig dadurch geschehen, dass sich die Retinula von den brechenden Medien mehr und mehr entfernt, also das Auge den Typus des *Lampyris*-Auges annimmt. Nun können viele Facettenglieder zur Bilderzeugung eines Punktes beitragen.

Erwägt man, dass der zu einem Facettengliede gehörige nervöse Zellcomplex, der Sehstab Max Schultze's, bei vielen Thieren eine dem Krystallkegel nahe liegende Anschwellung, dann durch einen dünnen Verbindungsfaden von dieser getrennt, eine zweite auf eine grössere Strecke ausgedehnte Anschwellung trägt, dass die erstere die Lage der Retina im Mückenauge, die letztere die Lage der Retina im *Lampyris*-Auge hat, so liegt die

Vermuthung nicht zu ferne, dass diese Thiere nach beiden Arten zu sehen vermögen. Falls sich die oben aufgestellte Hypothese, dass das Pigment des zusammengesetzten Auges in ähnlicher Weise wandert, wie das des Wirbelthierauges bestätigt, müsste man glauben, dass diese mit den genannten Sehstäben versehenen Thiere bei Überfluss an Licht mit den der Cornea näher gelegenen Anschwellungen sehen, während die weitere Ausbreitung des durch diese Anschwellungen hindurchgegangenen Lichtes durch Pigment verhindert wäre; bei Lichtmangel könnte sich das Pigment zurückziehen, und die Summationsbilder treten in Action. Bei der geringen Lichtintensität würden die Erregungen der peripheren Anschwellungen keine merklichen Störungen bedingen.

Tafel-Erklärung.

Fig. 1. Das Netzhautbild, welches das *Lampyris*-Auge von einem Pfeile entwirft. Letzterer ist in seiner Form über das nach dem Mikroskope entworfene Netzhautbild gezeichnet. Dasselbe ist verwaschen und mit einem Lichtschimmer umgeben. Seine bedeutende Unvollkommenheit beruht darauf, dass das Auge schon Monate lang in Alkohol aufbewahrt worden war. Die Länge des Bildes betrug 0·24 *mm.*

Fig. 2. Meridionalschnitt durch den peripheren Theil eines *Lampyris*-Auges.

K. Krystallkegel.

Pg II. Eine Lage radiär gestellter Zellen, wahrscheinlich mit den Pigmentzellen 2. Ordnung Grenacher's identisch, doch hier pigmentlos. Sie entspricht dem Glaskörper des Wirbelthierauges.

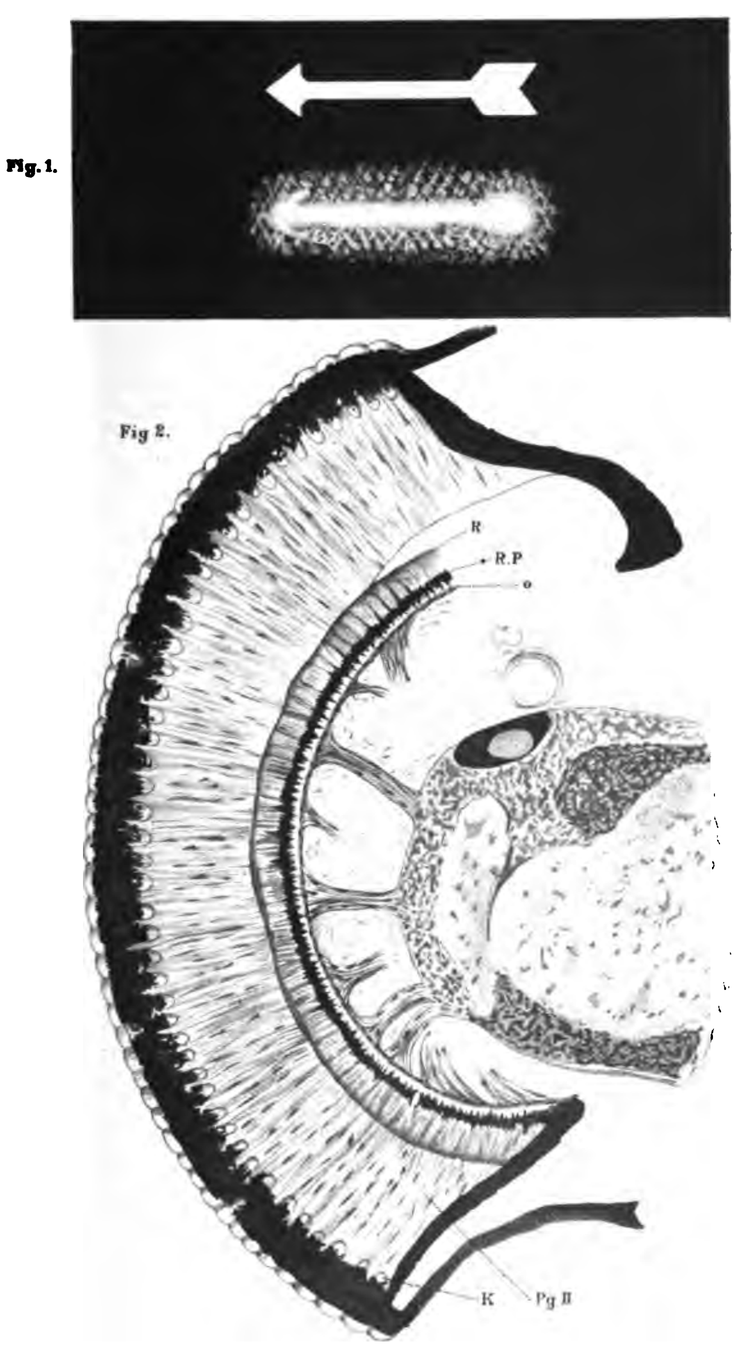
R. Vordere Fläche der Netzhaut.

R. P. Retinale Pigmentschichte.

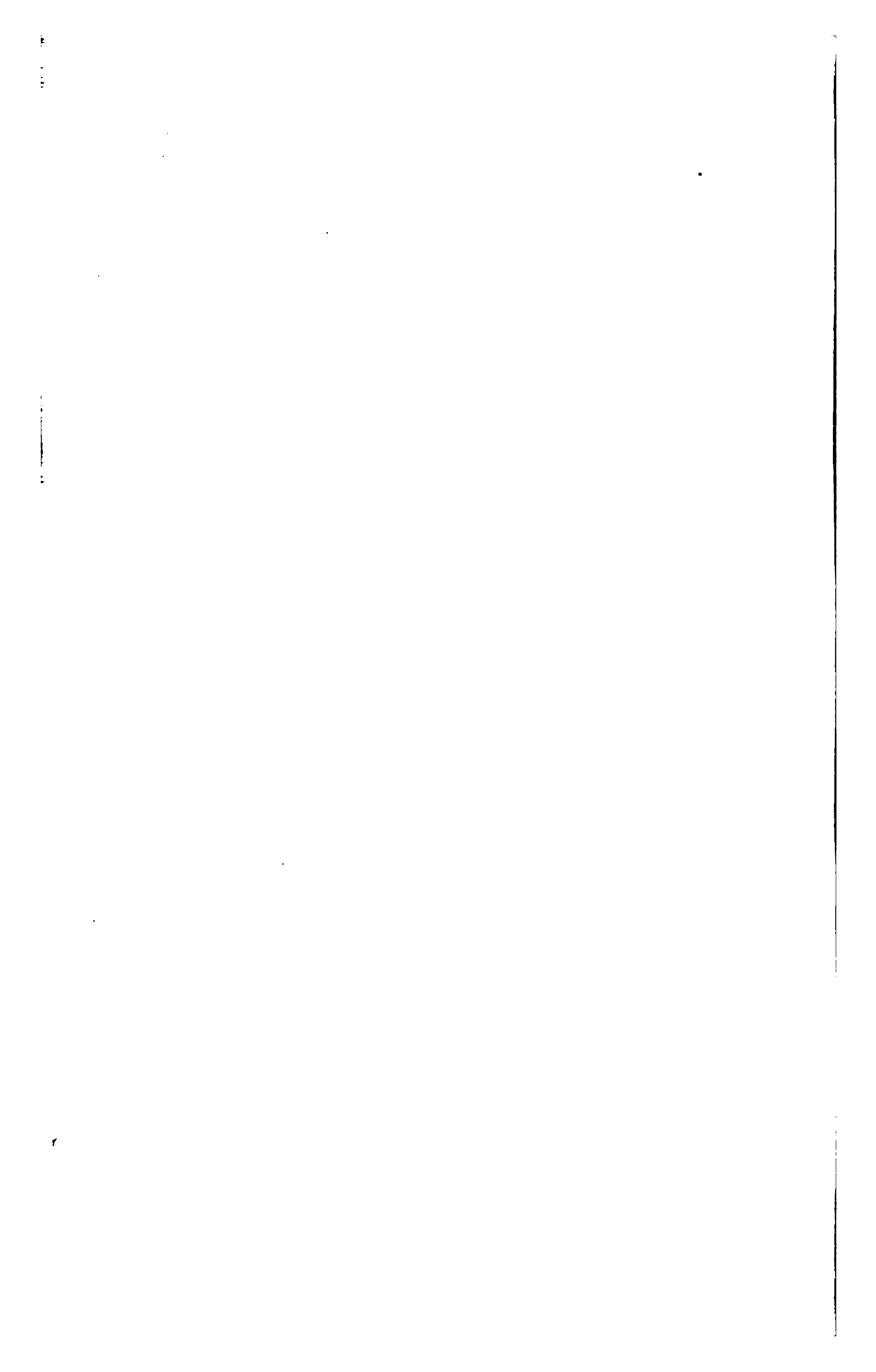
o. Ausbreitung der aus dem dahinter liegenden Ganglion opticum ausstrahlenden Bündeln von Sehnervenfasern.

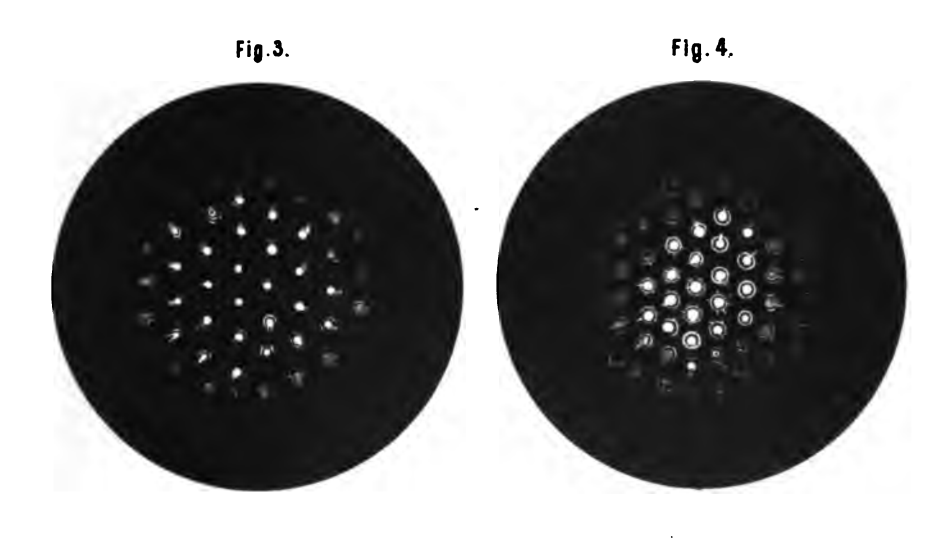
Das Präparat war durch Alkohol gehärtet, in Celloidin geschnitten, und mit Saffranin gefärbt. Vergrösserung der Zeichnung 163.

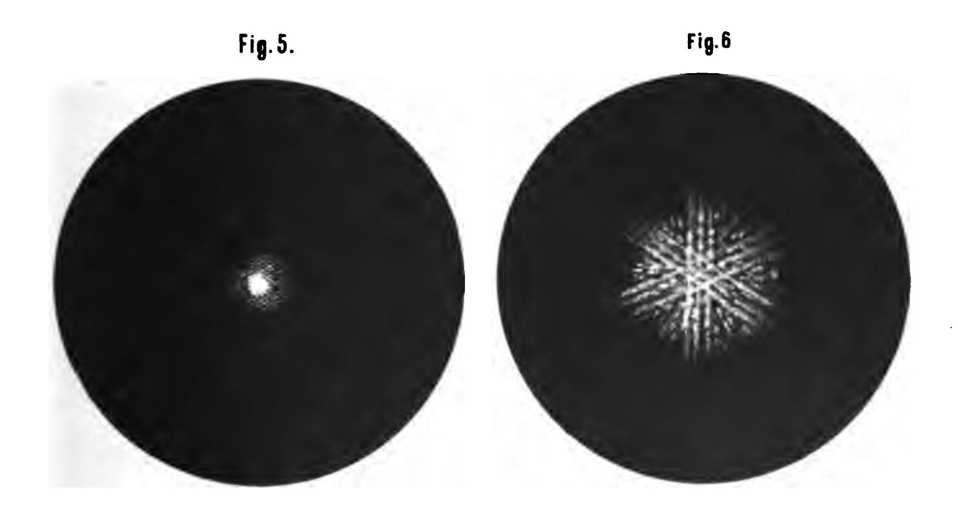
Fig. 3—6 zeigt die optischen Querschnitte der aus den Krystallkegeln des *Lampyris*-Auges austretenden dünnen Strahlenbündel (beziehungsweise ihrer Verlängerungen), wenn als beleuchtendes Object ein heller Punkt in Verwendung steht. Fig. 3 entspricht einer Einstellung des



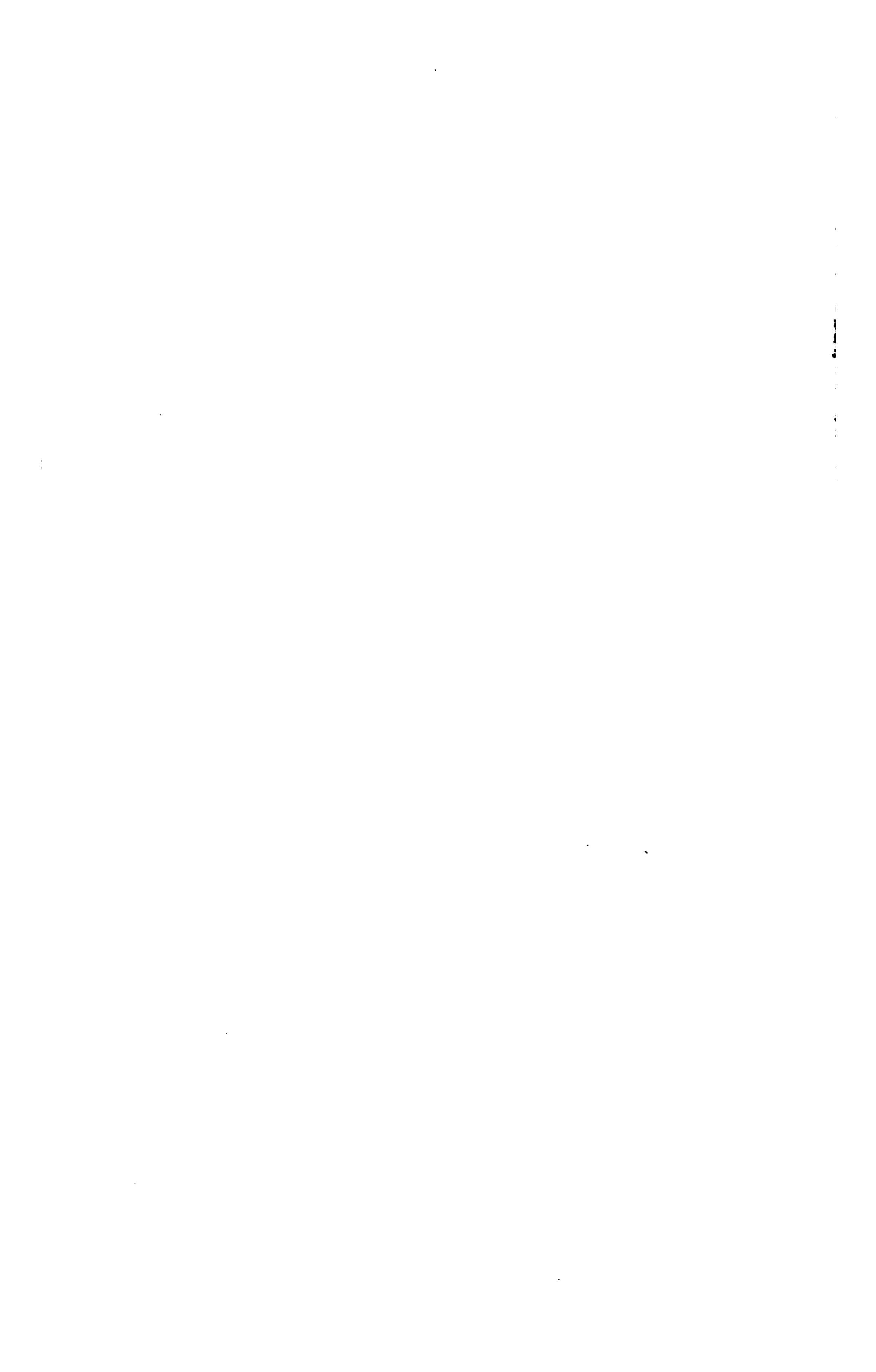
Lith. Anst. J. Barth. Wien, Fünfhaus.







Lith Anst J Barth, Wien, Fundhaus.



Mikroskopes, bei welcher die Focalebene desselben vor den Spitzen der Krystallkegel liegt; Fig. 4 entspricht näherungsweise der Ebene der Krystallkegelspitzen. Man sieht, dass die Strahlenbündel von der Einstellung der Fig. 3 nach der Einstellung der Fig. 4 convergiren; sie vereinigen sich schliesslich in der Ebene, der die Fig. 5 angehört, und welche näherungsweise der Netzhautebene entspricht, sie enthält das Bild des Lichtpunktes Fig. 5.

Verschiebt man die Focalebene des Mikroskopes noch weiter nach hinten, so geht der Lichtpunkt in den Zerstreuungskreis der Fig. 6 über. Alle diese vier Figuren zeigen Diffractionserscheinungen, welche insbesondere in der letzten die Gestalt eines schönen dreistrahligen Sterns annehmen.

V. SITZUNG VOM 14. FEBRUAR 1889.

Das w. M. Herr Regierungsrath Prof. E. Mach übersendet eine in der Torpedofabrik in Fiume ausgeführte Arbeit: „Über den Ausfluss stark verdichteter Luft", von Prof. Dr. P. Salcher und John Whitehead.

Das c. M. Herr Prof. F. Lippich in Prag übersendet eine Abhandlung: „Über die Bestimmung von magnetischen Momenten, Horizontalintensitäten und Stromstärken nach absolutem Masse".

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. A. Bauer übersendet eine Arbeit aus dem chemischen Laboratorium der k. k. Staatsgewerbeschule in Bielitz: „Über einige Derivate des Cyanamids", von A. Smolka und A. Friedreich.

Herr Prof. Dr. Zd. H. Skraup in Graz übersendet eine von ihm in Gemeinschaft mit Herrn D. Wiegmann ausgeführte Untersuchung: „Uber das Morphin".

Der Secretär legt eine von Frau Katharina Kudelka in Linz übermittelte Abhandlung aus dem Nachlasse ihres verstorbenen Gatten, des Herrn Prof. Dr. J. Kudelka, unter dem Titel: „Endgiltige Feststellung der Polarisationsebene" vor.

Ferner legt der Secretär ein versiegeltes Schreiben behufs Wahrung der Priorität von Dr. Bohuslaw Brauner, Adjunct und Privatdocent an der k. k. böhmischen Universität in Prag, vor, mit der Aufschrift: „Über eine Anomalie des periodischen Systems."

Das w. M. Herr Hofrath Prof. C. Claus überreicht eine im zoologischen Laboratorium der k. k. Universität in Wien ausgeführte Arbeit von Dr. R. v. Schaub: „Über marine Hydrachniden nebst einigen Bemerkungen über *Midea* (Bruz.).“

Das w. M. Herr Prof. V. v. Lang überreicht eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit: „Über den Durchgang von Elektricität durch sehr schlechte Leiter,“ von Hugo Koller.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

International Polar Expedition, Report on the Proceedings of the United States Expedition to Lady Franklin Bay, Grinnell Land. Vol. I. (With 4 Plates, 6 Maps and Charts, 11 Illustrations in the Text.) By Adolphus W. Greely. Washington 1888; 4°.

VI. SITZUNG VOM 21. FEBRUAR 1889.

Der Vorsitzende theilt mit, dass der Secretär der Classe verhindert ist, in der heutigen Sitzung zu erscheinen.

Erschienen ist das Heft VIII—X (October—December 1888) des 97. Bandes, Abtheilung I der Sitzungsberichte.

Das w. M. Herr Prof. E. Hering übersendet eine im physiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag von Dr. Franz Hillebrand ausgeführte Arbeit: „Über die specifischen Helligkeiten der Farben. Beiträge zur Psychologie der Gesichtsempfindungen“.

Folgende versiegelte Schreiben werden behufs Wahrung der Priorität vorgelegt:

1. Von Herrn Johann L. Schuster in Wien, mit der Aufschrift: „Versuch einer Classification einbasig verknoteter concreter Linien“.
2. Von Herrn Franz Müller in Siegenfeld (Nied. Österr.), mit der Aufschrift: „Hilfsmittel zur Verbreitung nützlicher Kenntnisse“.

Das w. M. Herr Prof. E. Weyr überreicht folgende Abhandlungen:

1. „Theorie der cyklischen Projectivitäten“, von Prof. Adolf Ameseder an der k. k. technischen Hochschule in Graz.
2. „Zum Normalenproblem der Ellipse“, von Herrn Karl Lauermann, Lehrer an der Bürgerschule in Grulich.

Das w. M. Herr Prof. Dr. v. Lang überreicht eine Abhandlung von W. Müller-Erzbach in Bremen, unter dem Titel: „Das Gesetz der Abnahme der Adsorptionskraft bei zunehmender Dicke der adsorbirten Schichten."

Herr Dr. Robert Schram, Docent an der Universität Wien und prov. Leiter des k. k. Gradmessungsbureau, überreicht eine Abhandlung: „Reductionstafeln für den Oppolzer'schen Finsterniss-Canon zum Übergang auf die Ginzel'schen empirischen Correctionen."

Über die specifische Helligkeit der Farben,

Beiträge zur Psychologie der Gesichtsempfindungen

von

Dr. **Franz Hillebrand**

mit Vorbemerkungen von E. Hering.

(Mit 1 Tafel und 2 Textfiguren.)

Aus dem physiologischen Institute der deutschen Universität zu Prag.

Vorbemerkungen.

Die Empfindung Grau ist zugleich weisslich und schwärzlich; wenn ein Grau weisslicher wird, so wird es zugleich heller, nimmt seine Schwärzlichkeit zu, so wird es zugleich dunkler; das Verhältniss zwischen dem Weissen und Schwarzen in einem Grau bestimmt seine Helligkeit oder Dunkelheit. Ein Grau, in welchem das Weisse und Schwarze sich beiläufig das Gleichgewicht halten, die Weisslichkeit also der Schwärzlichkeit ungefähr gleich ist, gilt uns als ein mittleres Grau.

Wird ein Grau, ohne dass das Verhältniss zwischen seiner Weisslichkeit und Schwärzlichkeit sich ändert, mehr und mehr farbig, so zeigt sich je nach der Art des Grau, der Art der Farbe und dem Grade der Deutlichkeit (d. i. der subjectiven Sättigung) der Farbe bald eine Zunahme bald eine Abnahme, im besonderen Falle auch ein Gleichbleiben der Helligkeit, beziehungsweise Dunkelheit der Empfindung. Es fragt sich nun, ob es hiebei ganz gleichgiltig ist, in welche Farbe das Grau abwandelt, ob in Roth, Grün, Gelb oder Blau, und ob also der erhellende, beziehungsweise verdunkelnde Einfluss, den das zunehmende Hervortreten der Farbe auf die Helligkeit haben kann, von der

Art der Farbe unabhängig ist oder nicht. Ich war anfangs geneigt, das erstere anzunehmen[1], habe mich aber, wie ich andern Orts[2] schon kurz erwähnt habe, durch Untersuchungen, deren Methoden in der vorliegenden Abhandlung auseinandergesetzt sind, davon überzeugt, dass unter den erwähnten Umständen die Art der Farbe von wesentlichem Einflusse auf das Heller- oder Dunklerwerden der Empfindung ist.

Denken wir uns z. B. ein mittleres Grau, ohne Änderung des Verhältnisses zwischen seinem Weiss und Schwarz, einmal ins Gelbe, ein andermal ins Blaue abgewandelt, so erscheint das so entstehende Graugelb heller, das Graublau dunkler als das anfängliche farblose Grau, und beides um so mehr, je mehr das Gelb beziehungsweise Blau aus dem Grau hervortritt. Analog verhält es sich mit Roth und Grün, nur ist hier der erhellende beziehungsweise verdunkelnde Einfluss der Farbe nicht so gross, wie bei Gelb und Blau. Diesen Thatsachen hat der Verfasser der vorliegenden Abhandlung dadurch Ausdruck gegeben, dass er den verschiedenen Farben eine verschiedene specifische Helligkeit zuschreibt. Nach meiner Ansicht ordnen sich die sechs Grundempfindungen nach ihrer Helligkeit beziehungsweise Dunkelheit in folgender Reihe: Weiss, Gelb, Roth, Grün, Blau, Schwarz. Hiebei ist jede dieser Grundempfindungen oder Farben (im weiteren Sinne dieses Wortes) als möglichst rein gedacht, d. h. möglichst frei von jeder merklichen Spur eines Abwandelns nach einer oder mehreren von den übrigen Grundempfindungen.

Denken wir uns die ganze Reihe der farblosen Empfindungen vom reinsten (dunkelsten) Schwarz bis zum reinsten (hellsten) Weiss, so würden die ganz rein gedachten farbigen Grundempfindungen nicht die gleiche Helligkeit haben, wie das in der Mitte jener Reihe stehende mittlere Grau (wie ich dies früher annahm), sondern Roth würde heller und Gelb noch heller, Grün dunkler und Blau noch dunkler sein, als jenes mittlere Grau, und es müsste, theoretisch genommen, für jede der absolut rein gedachten farbigen Grundempfindungen in jener Reihe der farb-

---

[1] Grundzüge einer Theorie des Farbensinns. §. 40. Diese Sitzber. LXIX. Bd. 1874. S. 179.

[2] Pflüger's Archiv für Physiol. Bd. XL 1886. S. 18 u. 19.

losen Empfindungen ein Grau geben, welches die gleiche Helligkeit beziehungsweise Dunkelheit hat, wie die bezügliche farbige Grundempfindung. Im Übrigen würden alle theoretischen Betrachtungen, welche ich seinerzeit in Bezug auf die Helligkeit beziehungsweise Dunkelheit farbiger Empfindungen angestellt habe, auch jetzt noch anwendbar sein.

Alles Gesagte hat zur Voraussetzung, dass Schwarz eine Empfindung ist. Denjenigen, welche dies nicht gelten lassen, sondern dem Schwarz auch in psychologischer und psychophysischer Hinsicht jene „rein negative Bedeutung“ zuschreiben, welche demselben in physikalischer Hinsicht zukommt, ebenso denjenigen, welche meinen, „dass es gar keinen Sinn hat zu fragen, ob das Schwarz eine besondere Empfindung oder Empfindungslosigkeit sei“, fehlt eine Vorbedingung für das unmittelbare Verständniss des oben Gesagten. Denn es genügt dazu nicht einmal, den Satz, dass Schwarz eine Empfindung ist, sei es als thatsächlich richtig, sei es als eine blosse Annahme gelten zu lassen, sondern man muss sich auch gewöhnt haben, diese Annahme bei der Analyse der Gesichtsempfindungen überall mit einzurechnen, und muss sich die tiefgreifenden Consequenzen desselben einigermassen klar gemacht haben.

Eine Übereinstimmung mit mir in Betreff der von mir versuchten Analyse der Gesichtsempfindungen bedeutet an sich noch nicht die Zustimmung zur Theorie der Gegenfarben überhaupt. Dagegen war diese Übereinstimmung die unerlässliche Vorbedingung zur Untersuchung der specifischen Helligkeit der Grundempfindungen, wie sie Herr Dr. Hillebrand durchgeführt hat. Allerdings ist derselbe schliesslich auch zu dem Ergebniss gekommen, dass die von ihm untersuchten Thatsachen mit der Young'schen Theorie in Widerspruch, mit der Theorie der Gegenfarben aber durchaus vereinbar sind; ich möchte jedoch das Hauptgewicht nicht in dieses Endergebniss, sondern in die vom Verfasser beschriebenen Thatsachen und Methoden gelegt wissen, deren Werth von allen Theorien unabhängig ist.

Bei der Bezugnahme auf meine Theorie hat der Verfasser jene Fassung derselben zu Grunde gelegt, welche ich in meinen „Mittheilungen zur Lehre vom Lichtsinne“ gewählt habe. Hiernach liesse sich die psychophysische Sehsubstanz ansehen als ein

Gemisch dreier qualitativ verschiedener Substanzen, welche — in übrigens sehr verschiedenem Masse des Antheils — die Sehsubstanz zusammensetzen.

Ich habe jedoch schon damals angedeutet,[1] dass ich der Theorie nur in Rücksicht auf eine grössere Anschaulichkeit diese Fassung gegeben habe, und dass ich es im Grunde für richtiger halte, zu sagen, die psychophysische Sehsubstanz sei qualitativ verschiedener Arten der Dissimilirung (*D*) und Assimilirung (*A*) fähig, und jede dieser unendlich mannigfaltigen Arten der *D* und *A* lasse sich unter Annahme dreier Hauptarten der *D* und *A* in je drei Componenten zerlegt denken, deren jede einer dieser drei Hauptarten entspricht. Wie es für die Meisten anschaulicher sein dürfte, wenn gesagt wird, jede Gesichtsempfindung lasse sich aus gewissen Grund- oder Elementarempfindungen in bestimmten Mischungsverhältniss zusammengesetzt denken, als wenn gesagt wird, sie nehme in der geordneten dreidimensionalen Mannigfaltigkeit der Gesichtsempfindungen einen, in Bezug auf drei bestimmte Empfindungsreihen bestimmten Ort ein: so dürfte es auch anschaulicher sein, wenn die Sehsubstanz als ein Gemisch dreier Sondersubstanzen aufgefasst wird, deren jede in zwei qualitativ entgegengesetzten Weisen ($D > A$ und $A > D$) veränderungsfähig ist, als wenn man sagt, die Mannigfaltigkeit der Zustände der Sehsubstanz sei eine dreidimensionale.

I. Die Frage nach der „Intensität" der Gesichtsempfindungen.

Die vorliegende Untersuchung soll einen Beitrag zur Analyse der Gesichtsempfindungen liefern. Ich verstehe hier und in der Folge unter Empfindung immer Empfindungsinhalt, was ich eigens erwähne, da die Sprache auch die psychischen Acte des Empfindens mit diesem Namen bezeichnet.

Ausserdem sei bemerkt, dass sowohl die physikalischen als die physiologischen Antecedentien einer Empfindung vom Umfang dieses Begriffes streng auszuschliessen sind, und dass demgemäss die Eigenschaften dieser nicht auf die Empfindungsphänomene übertragen werden dürfen, was besonders im Hinblick auf

[1] „Zur Lehre vom Lichtsinne", §. 42.

deren Einfachheit oder Zusammensetzung beachtet werden muss.

Dass Empfindungen überhaupt analysirbar sind, das heisst, dass sie aufweisbare Bestandtheile haben, scheint zwar schon desshalb unbestreitbar, weil die Sinnesphysiologie thatsächlich solche Analysen wiederholt vollzogen hat, ist aber trotzdem von Philosophen und philosophirenden Naturforschern hie und da bezweifelt worden; ja selbst solche, die die Möglichkeit einer Analyse zugeben, glauben, indem sie mit Recht an der Einheit der Empfindung festhalten, in Folge einer Verwechslung auch die Einfachheit derselben behaupten zu müssen. Wundt z. B., der ausdrücklich von „Bestandtheilen der reinen Empfindung"[1] spricht, und ihr demgemäss „gewisse Eigenschaften, in welchen der Grund ihrer Unterscheidung von andern Empfindungsgebieten liegen muss",[2] zuschreibt, nimmt gleichwohl keinen Anstand sie als diejenigen Zustände unseres Bewusstseins zu bezeichnen, „welche sich nicht in einfachere Bestandtheile zerlegen lassen".[3]

Mancher trägt vielleicht Bedenken, ob die Begriffe Ganzes und Theil auch auf Verhältnisse, wie die, welche zwischen einem Farbenphänomen und seiner Helligkeit, oder zwischen einer Übergangsfarbe (Zwischenfarbe) und denjenigen Grundfarben bestehen, die sie vermittelt, Anwendung finden; und in der That ist diese Verallgemeinerung des Begriffes Theil durchaus nicht allgemein üblich.[4] Dennoch scheint es mir berechtigt, überall von einem theilbaren Phänomen zu sprechen, wo Abstraction möglich ist, gleichgiltig ob das, wovon abstrahirt wird, auch in der Wirklichkeit fehlen kann, wie dies bei den Theilen eines Collectivums oder den endlichen Theilen eines Continuums der Fall ist, oder nicht; kurz überall dort, wo es sich um ein Moment handelt, das variabel ist oder doch als variabel gedacht werden kann. Es scheint aber willkürlich das Verhältniss von physischen oder collectiven Theilen zum Typus der Theilverhältnisse über-

[1] Physiol. Psych. I. S. 273.

[2] A. a. O. S. 272.

[3] A. a. O. S. 271.

[4] Doch gebraucht bereits Stumpf den Ausdruck in ähnlicher Weise, wenn er von „psychologischen Theilen" spricht. Vgl. Stumpf, „Über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung", Leipzig 1878, §§. 5 und 6.

haupt zu machen. Dies thut u. a. v. Kries, wenn er fordert, man möge ihm in den sogenannten Zwischen- oder Mischfarben (Orange, Violet) die Elemente, aus denen sie zusammengesetzt sind, einzeln aufzeigen. Meint er damit, sie müssten räumlich unterscheidbar sein, so verfällt er in den eben gerügten Fehler.

Doch nicht allein die Verkennung der Vielfältigkeit der Theilverhältnisse führte zu diesem Irrthum, sondern auch häufig die grössere Schwierigkeit der Analyse. So schloss z. B. v. Kries aus der angeblichen Unmöglichkeit eine Gesichtsempfindung so in Theile zu zerlegen, wie es mit einem Accord in Bezug auf die ihn constituirenden Töne gelingt, auf die Einfachheit der Gesichtsempfindungen.[1] Er hat, indem er so argumentirt, besonders die Phänomene der Zwischenfarben im Auge. Doch halte ich weder die Thatsache, von der v. Kries ausgeht, für erwiesen, noch den Schluss, den er aus ihr zieht, für zwingend. Das letztere nicht, weil die Unterschiede in der Übung, die bei Mehrklängen vorhandenen Begleiterscheinungen (so die Schwebungen, die besonderen Gefühle für die einzelnen harmonischen Intervalle und Intervallcomplexe etc.) und schliesslich der höhere Sättigungsgrad[2] der in der Musik verwendeten Mehrklänge die grössere Leichtigkeit mancher derartigen Analyse genugsam erklärt. Aber auch die Thatsache, auf die sich v. Kries bezieht, besteht in Wirklichkeit nicht. Einerseits nämlich finden wir, dass Maler und solche, die sich viel mit Lichtmischungsversuchen abgegeben haben, es in der Analyse von Farben in der That zu einem hohen Grade von Fertigkeit bringen — und dies muss ich behaupten, trotzdem v. Kries das Gegentheil versichert —, andererseits ist die Fähigkeit Mehrklänge zu analysiren eine viel beschränktere als v. Kries anzunehmen scheint. Bei disharmonischen Accorden oder in Fällen, wo die Klänge im Verhältniss zu den gleichzeitigen Geräuschen einen geringen Antheil am akustischen Gesammtphänomen haben, wird die Analyse für den weniger Geübten schwer und oft unmöglich.

---

[1] v. Kries „Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse" in du Bois-Reymond's Archiv Jahrg. 1882. Suppl. Bd. S. 41.

[2] Unter Sättigung von Gehörsphänomenen wird hier das Verhältniss der Klänge zu den gleichzeitigen Geräuschen verstanden.

Was wir hier über das Verhältniss der Grundfarben zu den Zwischenfarben bemerkt haben, lässt sich in ähnlicher Weise auch auf die Beziehung, in welcher die Helligkeit eines Farbenphänomens zu diesem selbst steht, anwenden, wenn auch dieses Verhältniss wieder ein ganz anderes ist als das erstgenannte.

Die Analyse ist hier ohne Zweifel noch viel schwieriger; doch werden wir später sehen, wie der grosse Mangel an Übung durch geeignete, die Abstraction fördernde Mittel wenigstens theilweise ersetzt werden kann. An solchen, die sich mit der Reproduction von Gemälden durch Kupfer- oder Stahlstich befassen, erkennen wir übrigens deutlich, dass auch die Trennung der Helligkeit von der Qualität im engeren Sinne durch gehörige Übung bis zu einem hohen Grade von Sicherheit und Genauigkeit vorschreiten kann.

Macht man aber in der früher angedeuteten Weise die Möglichkeit der Abstraction zum positiven Kriterium [1] für das Bestehen von Theilen, so fallen von vornherein alle jene Analysen weg, die sich bloss auf die Mehrseitigkeit der causalen Antecedentien stützen. Obwohl dieser Satz ziemlich selbstverständlich ist, ist doch in der Sinnesphysiologie vielfach gegen ihn gefehlt worden. Hering hat auf diesen Fehler wiederholt und nachdrücklich hingewiesen.

Was speciell die Gesichtsempfindungen betrifft, so haben wohl alle diejenigen, welche überhaupt Bestandtheile gelten lassen, Qualität, Ort und etwas Drittes unterschieden, das die einen als Intensität, die andern als Helligkeit bezeichnen, während wieder andere beide Termini promiscue darauf anwenden. Der Qualität nach scheidet man die Gesichtsempfindungen wieder in Farbenempfindungen im engeren Sinne (Roth, Grün, Blau, Gelb und die Zwischenfarben) und farblose Empfindungen (Weiss, Grau, Schwarz). Das Verhältniss, in welchem beide vereinigt vorkommen, bestimmt die sogenannte Sättigung. Eine Farbenempfindung ist um so weniger gesättigt, je mehr in ihr die Empfindung von Weiss, Grau oder Schwarz dominirt; der

---

[1] „Zum positiven Kriterium", weil die Fähigkeit zu abstrahiren zwar das Vorhandensein von Theilen, nicht aber der Mangel dieser Fähigkeit im einzelnen Falle die Einfachheit des Phaenomenes beweist.

Sättigungsgrad hängt somit nicht allein von der Menge des einem homogenen Lichte beigemischten weissen Lichtes ab: denn einmal ist auch eine durch monochromatisches Licht erzeugte Empfindung mehr oder weniger weisslich; dann aber kann eine Farbenempfindung auch durch das in ihr enthaltene Schwarz, dem ja kein objectives Licht entspricht, an Sättigung verlieren. Daraus geht hervor, dass der Begriff der Sättigung durch die physikalische Ursache überhaupt nicht definirt werden kann, wie dies noch manche thun.

Da wir uns im Folgenden hauptsächlich mit den Helligkeitsverhältnissen der Farben zu befassen haben werden, ist es nothwendig, auf den Begriff der Helligkeit etwas näher einzugehen, und sein Verhältniss zu einer etwa zu statuirenden Intensität kennen zu lernen. Wir werden also zunächst fragen, ob ausser der Helligkeit noch eine Intensität anzunehmen sei, und im Falle es ein einziger Theil der Empfindung ist, der mit beiden Namen bezeichnet wird, welcher derselben ihm mit Recht zukommt.

Unter Intensität versteht man nach der Ansicht von Helmholtz — und diese ist wohl die unter den Physiologen am weitesten verbreitete — diejenige variable Eigenschaft der Lichtempfindung, welche — gleiche Erregbarkeit vorausgesetzt — von der lebendigen Kraft (bei den farbigen Empfindungen im engeren Sinne überdies auch von der Schwingungsdauer) der Ätherbewegung abhängig ist. Die Qualität eines jeden Farbeneindruckes hängt nach ihm von drei veränderlichen Grössen ab,[1] von der Lichtstärke, dem Farbentone und seinem Sättigungsgrade; Lichtstärke (Intensität) und Helligkeit identificirt Helmholtz vollkommen.[2]

Sehen wir zunächst davon ab, dass die Bestimmung, die Helmholtz gibt, keine descriptive, das ist durch Analyse des Phänomens gewonnene ist, ja dass sie nicht einmal als

---

[1] Helmholtz, Phys. Opt. S. 281. Besser hiesse es wohl „die Qualität setzt sich zusammen", denn von einer Abhängigkeit im eigentlichen Sinne kann hier, wo es sich um die Theile der Empfindung und nicht um deren Ursachen handelt, nicht die Rede sein.

[2] Vergl. Wissensch. Vortr. „Die neueren Fortschritte in der Theorie des Sehens." 2. Vortr. „Die Gesichtsempfindungen." Hier spricht er geradezu von „Helligkeit oder Lichtstärke".

genetische Bestimmung richtig ist, da, wie Hering gezeigt hat, die erwähnten drei Variablen der Lichtempfindung nicht in der Weise Functionen der drei Variablen des objectiven Lichtes sind, dass der Farbenton nur von der Wellenlänge, die Sättigung nur von der Menge des objectiv beigemischten weissen Lichtes, die „Intensität" der Empfindung nur von der Amplitude abhängig wäre[1], so fällt doch das Element der Empfindung, welches Helmholtz in der angedeuteten Weise zu charakterisiren sucht, mit dem zusammen, welches wir Helligkeit nennen. (Die Fälle, in denen Intensität etwas Anderes zu bedeuten scheint, werden wir später untersuchen. In der Mehrzahl der Fälle jedoch werden wir kaum auf Widerspruch stossen, denn dass z. B. in der schwarzweissen Empfindungsreihe das was der Eine heller, der Andere intensiver nennt, der Sache nach Eins sei, scheint klar.)

Es fragt sich nur ob dieses Element als Helligkeit oder als Intensität bezeichnet werden müsse. Man könnte dagegen freilich einwenden, das sei ein blosser Streit um Worte, und in der That hat v. Kries, wie wir bald sehen werden, in einem ähnlichen Fall, in der Frage nämlich, ob Schwarz eine Empfindung sei oder nicht, jede weitere Untersuchung durch diesen Einwand als überflüssig und unfruchtbar abzuthun geglaubt, wesshalb es gestattet sein mag, hier ein paar Worte über richtige und unrichtige Benennungen einzufügen.

Indem man ein Ding mit einem allgemeinen Namen benennt, ordnet man es in eine Classe ein, die durch eine Reihe von bestimmten Merkmalen charakterisirt ist, und schreibt somit dem Dinge diese Merkmale zu. Die blosse Benennung involvirt also bereits eine Reihe von Urtheilen, und je nachdem diese richtig oder falsch sind, ist es auch die Benennung. Daher ist es nicht gleichgiltig, ob man ein Ding so oder anders nennt, sofern nicht der Name ein individueller ist. In unserer Frage werden wir also zu untersuchen haben, ob die Merkmale des Begriffes der Intensität, wie er sich auf anderen Gebieten findet, auch im Gebiete der Gesichtsempfindungen angetroffen werden. Unter jenen Merkmalen findet sich nun Eines, über das, wie ich glaube, kein Zweifel bestehen kann: überall nämlich, wo Intensität vor-

[1] Vergl. Hering's Schrift: „Über Newton's Gesetz der Farbenmischung" im naturw. Jahrb. „Lotos." Bd. VIII. §. 34.

handen ist, führt die allmälige Abnahme derselben zum völligen Verschwinden des specifischen Phänomenes, dem sie zukommt. So führt das allmälige Nachlassen der Intensität eines Druckes zum Aufhören der Druckempfindung, die Abnahme der Schallintensität zum gänzlichen Wegfall des Gehörsphänomenes u. s. w.

Blicken wir hingegen auf dasjenige, was man als Intensität der Lichtempfindung bezeichnet, so finden wir hier nichts Ähnliches. Wird diese sogenannte Intensität immer mehr und mehr geschwächt, so geht das Phänomen schliesslich in Schwarz über, nicht aber in Nichts.

Vielleicht wendet man dagegen ein, auch das Abnehmen der Schallintensität führe nicht zur absoluten Stille, immer blieben leise subjective Geräusche übrig; es gehe aber nicht an, auch den Phänomenen des Gehörs die Intensität abzusprechen. Wir können diese Consequenz nicht zugeben. Richtig ist vielleicht, dass man gar nie völlig frei von jeder Gehörsempfindung ist; sicher aber würde, wenn jene Änderung noch weiter geführt werden könnte, absolute Stille eintreten. Ganz anders bei den Farbenempfindungen. Je mehr jene geschwächt werden, desto mehr macht sich ein anderer positiver Inhalt (das Schwarz) geltend und nimmt sozusagen den von der Farbe verlassenen Platz ein; und so wenig als wir in dem Falle, wo Roth durch Orange in Gelb übergeht, behaupten werden, die Empfindung habe an Intensität abgenommen, so wenig werden wir dies sagen dürfen, wenn Roth durch Braun in Schwarz übergeht, wie bereits Hering im §. 21 seiner Lehre vom Lichtsinne in überzeugender Weise ausgeführt hat. Man hat also mit Unrecht eine qualitative [1] Änderung für eine Änderung der Intensität gehalten.

Diese Beweisführung macht allerdings eine Voraussetzung, die nicht allgemein zugestanden wird, die Voraussetzung nämlich, dass Schwarz eine positive Empfindung, d. h. überhaupt eine Empfindung sei. Die Meinungen sind hier getheilt: während Helmholtz und Hering Schwarz ebenso für eine Empfindung halten wie Grau und Weiss, versichern z. B. Fechner und Fick auf's Bestimmteste, sie fänden den Vorgang der Verdunkelung

[1] „Qualitativ" hier im weiteren Sinne genommen, in welchem Qualität auch die Helligkeit als Theil einschliesst.

einer weissen Fläche durchaus demjenigen analog, wo ein Klang allmälig in vollständige Stille übergehe; das Wort Schwarz bedeute nichts Anderes als Abwesenheit jeder Lichtempfindung. Doch hat bereits Helmholtz darauf hingewiesen, dass ein Fleck unseres Gesichtsfeldes, von welchem kein Licht in unser Auge fällt, schwarz erscheint, während für die Objecte hinter unserem Rücken jede Empfindung mangelt; dass somit zwischen Schwarz und Mangel jeder Gesichtsempfindung wohl unterschieden werden müsse.[1]

Es ist ohne Zweifel merkwürdig, dass über eine Frage Streit entstehen kann, die sich — wie man glauben sollte — durch die unmittelbare Beobachtung sofort erledigen liesse. Die Thatsache, dass dies nicht der Fall ist, hat in neuester Zeit v. Kries[2] dazu geführt, die „subjective Methode", wie er sie nennt, d. i. die Methode der directen Beobachtung für untauglich zu halten. Wenn, so meint er, die vorliegende Frage auf diesem Wege zu entscheiden wäre, so müsste längst Einigkeit bestehen; nun ist es aber Thatsache, dass zwei so geübte Beobachter wie Hering und Fick durchaus entgegengesetzter Ansicht sind: also liegt es an der Methode, wenn hier noch keine definitive Entscheidung herbeigeführt werden konnte. Aber v. Kries geht noch weiter. Nicht nur sei eine Entscheidung der vorliegenden Frage vermittels blosser aufmerksamer Beobachtung unmöglich, sie sei sogar ganz überflüssig. „Wie uns «zu Muthe ist»", so sagt v. Kries, „wenn wir an einer Stelle unseres Gesichtsfeldes schwarz sehen, das wissen wir ja; ob man das so oder so nennen will, ist ganz gleichgiltig. Die Frage gewinnt einen bestimmten Sinn erst, sobald man auf die terminalen Vorgänge recurrirt."[3] Ich brauche dagegen nur auf das hinzuweisen, was ich früher über den richtigen Gebrauch von Namen bemerkt habe. Aus der obigen Betrachtung begreift sich auch, wie über die Benennung eines der unmittelbaren Erfahrung zugänglichen Phänomens Meinungsverschiedenheiten entstehen können, dadurch nämlich, dass gewisse Merkmale der durch den Namen bezeichneten Classe übersehen, unwesentliche für wesentliche gehalten werden u. s. w.

[1] Vergl. Phys. Opt. S. 281.

[2] v. Kries, „Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse." Supplementband von Dubois Archiv. Jahrgang. 1882, S. 37 ff.

[3] Ibid. S. 39.

Es darf also aus der Uneinigkeit, die hier zwischen Hering und Fick besteht, kein Schluss auf die Untauglichkeit der Methode gezogen werden.

Übrigens lehrt ein Blick auf die Geschichte der Philosophie, dass wiederholt Wahrheiten angezweifelt worden sind, die mindestens ebenso unmittelbar einleuchten, wie der positive Charakter des Schwarz. So ist der Satz des Widerspruches mehrmals angezweifelt, ja geradezu geleugnet worden (Epikur, Hegel), und doch halten wir mit Recht daran fest, dass seine Wahrheit eines Beweises weder fähig noch bedürftig sei. Oder sollten wir daraus, dass manche ihn geleugnet haben, schliessen dürfen, dass sich über seine Wahrheit unmittelbar nichts entscheiden lasse, mit anderen Worten seine Evidenz in Abrede stellen und damit jede Erkenntniss von vornherein für unmöglich erklären? Ich bin überzeugt, dass v. Kries diesen Schluss nicht wird gelten lassen, und doch wäre er ebenso berechtigt wie der auf die Untauglichkeit der „subjectiven Methode."

Aber auch darin kann ich v. Kries nicht beipflichten, dass man auf die terminalen Vorgänge recurriren müsse, um der Frage nach dem Schwarz einen bestimmten Sinn zu geben. Die physiologische Untersuchung einer Sinnesempfindung muss mit der psychologischen Analyse des Phänomens anheben.[1] Man muss vorerst wissen, welcher Art das Phänomen ist, ehe man an die Untersuchung seiner Ursachen gehen kann, und ganz besonders hier, wo die letzteren ohnehin nur hypothetisch sind und die Berechtigung zu ihrer Annahme zusammenfällt mit ihrer Tauglichkeit zur Erklärung der Erscheinung, wird es darauf ankommen zuerst diese zu charakterisiren. Die Verkennung dieses Verhältnisses führt v. Kries so weit, dass er sogar die Frage, ob eine gewisse Reihe von Empfindungen eine qualitative oder eine intensive Reihe sei, nur durch die Untersuchung der terminalen Vorgänge entschieden wissen will. Dort, wo wir — wie bei den Gehörsphänomenen — Qualität und Intensität sicher und genau zu scheiden vermeinen, ist es nach v. Kries' Meinung die Erfahrung, dass gewissen Veränderungen in der Empfindung quantitative Änderungen des objectiven Erregers entsprechen,

[1] Vergl. Hering, „Lehre vom Lichtsinn", S. 51.

die uns jene Änderungen als intensive bezeichnen und von andern scheiden lässt, die wir dann als von qualitativen Änderungen des Erregers bewirkt auch als qualitativ bezeichnen.[1] Wir würden, meint er, jene Scheidung gar nicht machen, wenn uns jede Belehrung über die objectiven Ursachen fehlte; ja, wenn die Qualität eines Tones nicht von der Schwingungszahl, sondern von der Amplitude abhinge, beziehungsweise sich mit der grösseren oder geringeren Bewegung des tönenden Körpers oder dessen Entfernung vom Ohre änderte, würden wir wahrscheinlich dasjenige als Intensität des Tones bezeichnen, was wir jetzt seine Qualität nennen und umgekehrt. Wir hätten demnach so lange kein Recht in den Empfindungen selbst qualitative von intensiven Veränderungen zu scheiden, als wir nicht über die Änderungen in den terminalen Vorgängen Kenntniss besitzen.

Kein Psychologe wird dieser Argumentation beipflichten können. Vor Allem ist nicht allein die Intensität, sondern auch die Qualität eines Tones von einem Momente bestimmt, dessen Änderungen als quantitative zu bezeichnen sind, nämlich von der Schwingungszahl. Müssten wir da nicht nach Kries die Tonleiter für eine Intensitätsreihe halten? — Soll man ferner wirklich glauben, dass ein der äusseren Ursachen Unkundiger den Begriff von Qualität und Intensität nicht bilden könne? Man darf vielmehr behaupten, dass er in der Bildung dieser Begriffe durch die Kenntniss der äusseren Ursachen in keiner Weise unterstützt wird. Denn da er von den äusseren Ursachen keine eigentliche Vorstellung hat, sondern sie nur als Hypothese zur Erklärung der Gesetzmässigkeit des Empfindungsverlaufes annimmt, so kann er ihnen auch keine Eigenschaften zuschreiben, die er nicht in gleicher oder analoger Weise im Bereich seiner Vorstellungen findet. Gesetzt, er schriebe dem physikalischen Vorgange oder dem terminalen Processe eine Qualität im eigentlichen Sinne zu, woher anders soll er diesen Begriff nehmen, als von der phänomenalen Qualität? Versteht er aber unter Qualität etwa die Art der Bewegung (des Schallmediums, des Lichtäthers u. dergl.), so hat er auch diesen Begriff nur von den Phänomenen der Bewegung. Würden

[1] L. c. p. 37.

ihm seine Empfindungen nicht die Begriffe der Qualität, der Intensität u. s. w. liefern, so hätte er sie überhaupt nicht, könnte sie also auch nicht auf die Ursachen der Empfindungen übertragen. Er kann freilich der Ursache einer bestimmten einzelnen Empfindung Momente zuschreiben, die sich in der letzteren nicht vorfinden; dann muss er aber den Begriff doch entweder von anderen Empfindungen abstrahirt oder nach Analogie zu dort abstrahirten Elementen gebildet haben.

Wollte v. Kries also auch den Gesichtsempfindungen Qualität und Intensität absprechen, so müsste er doch zugeben, dass diese Momente in einem andern Phänomen unterschieden und so auf die Ursachen der Gesichtsempfindungen über tragen werden (wofür übrigens jeder Grund fehlt). Wie aber kommt es dann, dass wir sie in dem andern Phänomen unterscheiden?

Und warum gerade in jenem andern und nicht, falls sie überhaupt vorhanden sind, gleich in den Gesichtsempfindungen selbst? In Wahrheit stammt somit jene Scheidung zwischen Qualität und Intensität nicht von unserer Kenntniss der äusseren Ursachen, noch aus irgend einer andern ausserhalb des Bereiches der Empfindungen gelegenen Quelle, denen wir Qualität und Intensität beilegen.

Wir finden also, das Gesagte zusammenfassend, bis jetzt in den Farbenemfindungen drei Bestandtheile: Ton, Sättigung und Qualität des farblosen Empfindungsantheiles, welch' letztere mit der Helligkeit des farblosen Empfindungsantheiles zusammenfällt.

Sind aber die Helligkeitsunterschiede, wie sie sich im Continuum der farblosen Empfindungen vorfinden, keine Unterschiede der Intensität, so ist damit noch nicht erwiesen, dass es Intensitätsunterschiede im Gebiete der Gesichtsempfindungen überhaupt nicht gibt. Vielmehr kann gefragt werden, ob die Änderungen, welche eine Farbenempfindung durchläuft, wenn die objective Lichtstärke von Null bis zum erreichbaren Maximum gesteigert wird, durch die blosse Annahme der drei genannten Elemente (Ton, Sättigung und Qualität oder Helligkeit des farblosen Theiles der Empfindung) ausreichend beschrieben werden können.

Beim Minimum objectiver Intensität erscheint bekanntlich jedes Pigment im sonst hellen Gesichtsfelde Schwarz, beim Maximum entweder Weiss oder doch angenähert Weiss. Von letzterem Falle, in welchem sich die Farbe nicht ganz verliert, dürfen wir hier absehen; ebenso von den Änderungen des Tones, die die meisten Farben erleiden, wenn die Lichtstärke allmälig erhöht wird. Wir betrachten vielmehr jene einfachen und thatsächlich vorkommenden Fälle, in welchen die Farbe ihren Ton behält und schliesslich in Weiss übergeht. Die Empfindung macht alsdann zwei Reihen von Veränderungen durch, nämlich:

1. Eine Änderung der Sättigung. Im Beginne, sowie am Ende ist sie, wenn der Ausdruck erlaubt ist, absolut ungesättigt, d. h. sie enthält gar keine Farbe im engeren Sinn, sondern nur farblose Empfindung. In irgend einem mittleren Theil des Verlaufes liegt das Minimum des farblosen Empfindungsantheiles, somit das Maximum der Sättigung.

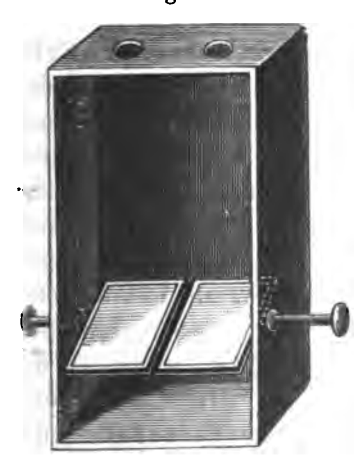
2. Eine Änderung der Weisslichkeit (und somit Helligkeit) des farblosen Antheils der Empfindung. Dieselbe ist im Beginne minimal und erreicht ihr Maximum am Ende des Verlaufes.

Beide Reihen von Veränderungen in einer ganz bestimmten Weise mit einander verknüpft, stellen die Änderungen einer Farbenempfindung dar, welche durch continuirliche Steigerung der objectiven Intensität erzeugt werden. Man erkennt leicht, dass nicht jedes Element der ersten Reihe von Veränderungen mit jedem Element der zweiten verbunden auftritt, sondern nur immer je Eines der ersten mit Einem der zweiten; so ist z. B. das Maximum der Sättigung weder mit dem Maximum noch mit dem Minimum von Weisslichkeit des farblosen Antheiles der Empfindung verbunden, sondern mit einem mittleren Grade von Weisslichkeit u. s. w. Während also durch Combination zweier Mannigfaltigkeiten erster Ordnung eine Mannigfaltigkeit zweiter Ordnung entstehen kann, entsteht in unserem Falle nur wieder eine Mannigfaltigkeit erster Ordnung. Mit anderen Worten: Die Reihe von Empfindungen, welche durch die Änderung der Amplitude bei gleichbleibender Wellenlänge verursacht wird, stellt nicht die Gesammtheit der möglichen Empfindungen dar, denen ein gewisser Farbenton gemeinsam ist.

Wer diese Thatsache ausser Acht lässt, wird, wenn ihm ein Farbenphänomen unterkommt, das er trotz der Gleichheit des Farbentones in jener Reihe nicht vorfindet, leicht versucht sein, einen Unterschied anzunehmen, der auf Rechnung der „Intensität“ im Sinne eines von der Helligkeit verschiedenen Elementes der Empfindung zu setzen wäre, während er in Wahrheit nur auf einer bestimmten Combination von Sättigung und Weisslichkeit beruht, die in der Reihe der durch Variirung der objectiven Intensität erzeugten Empfindungen eben nicht verwirklicht ist.

Dies gilt unter Anderem von einer Classe von Empfindungen, die wir mit dem Namen Braun bezeichnen. Der Farbenton dieser Empfindungen variirt zwischen Gelb und Roth; je nachdem er sich dem ersteren oder dem letzteren mehr nähert, sprechen wir von Gelbbraun oder von Rothbraun. Zwischen beiden liegt ein Braun, dessen Ton ein mittleres Orange ist. Ihnen allen ist gemeinsam ein relativ hoher Grad von Sättigung (bedeutende relative Grösse des farbigen Antheiles) und eine geringe Helligkeit (bedeutende Dunkelheit) des farblosen Empfindungsantheiles (niedriger Grad von Weisslichkeit, relativ hoher Grad von Schwärzlichkeit). Man kann sich nun leicht überzeugen, dass, wenn man die objective Intensität eines Spectral- oder Pigmentlichtes von entsprechendem Farbentone bei Ausschluss jeden Contrastes beliebig schwächt, die Empfindung eines derart farbenkräftigen Braun nie erzeugt wird, dass also auf diesem Wege durchaus nicht die ganze Mannigfaltigkeit möglicher Empfindungen zu Stande gebracht werden kann, denen nichts als der Farbenton gemeinsam ist.

Fig. 1.



Zur Demonstration dieser Thatsache hat Herr Prof. Hering einen einfachen und sehr instructiven Apparat hergestellt.

Durch einen parallelepipedischen Kasten gehen zwei unabhängig von einander drehbare horizontale Axen, die in einer Geraden liegen, wie dies oben-

stehende Zeichnung klar macht. Auf jeder der beiden Axen liegt eine Metallplatte, die zur Aufnahme einer matten Pigmentfläche dient. (Die letztere wird sorgfältig auf eine Glastafel aufgezogen um allfällige Unebenheiten und dadurch verursachte Ungleichheiten in der Beleuchtung zu vermeiden.) Auf einer Seite ist der Kasten offen und wird so gegen die Lichtquelle orientirt, dass die beiden drehbaren Platten möglichst gut beleuchtet werden. Die obere Fläche des Kastens hat zwei kreisrunde Löcher, deren Abstand beiläufig der Entfernung der beiden Augen entspricht. Man bringt den Kopf so über die beiden Löcher, dass je einem Loche ein Auge gegenüber liegt.

Zwei Handhaben, die an den äusseren Enden der beiden Axen angebracht sind, ermöglichen es, jeder der beiden Platten eine beliebige Neigung gegen die Lichtquelle zu geben, wodurch sie nach Bedarf stärker oder schwächer beleuchtet werden können. Schliesslich kann auf die obere, dem Beobachter zugekehrte Fläche des Kastens ein mit correspondirenden Löchern versehener heller Grund (z. B. weisses Barytpapier) gelegt werden, um nöthigenfalls die durch das kreisrunde Loch sichtbare Farbe den Wirkungen des simultanen Contrastes auszusetzen. Der Versuch wird nun in folgender Weise ausgeführt: man legt zwei mit vollkommen gleichem orangefarbigen Papier überzogene Glastafeln auf die beiden drehbaren Metallplatten und blickt, während sich auf der äusseren Seite des Deckels ein heller Grund befindet, bald mit dem einen, bald mit dem andern Auge durch das correspondirende Loch des Deckels nach den orangefarbigen Flächen. Bei passender Stellung der beiden Platten erhält man beiderseits den Eindruck eines schönen, relativ gesättigten Braun. Nun setzt man zwischen das eine Auge und das entsprechende Loch eine beiderseits enganschliessende, innen geschwärzte Röhre. Sofort erhält man an dieser Stelle die Empfindung eines wenig farbenkräftigen (weisslichen) Orange, und es gelingt, wie man die entsprechende Platte auch gegen die Lichtquelle drehen mag, nie, eine Empfindung hervorzurufen, die der des andern Auges gleich wäre. Offenbar ist also in jener Reihe von Empfindungen, die lediglich durch

Herabsetzung der objectiven Intensität des Orange bewirkt werden, dieses Braun nicht enthalten.

Warum das andere Auge, welches nicht durch eine Röhre blickt, Braun sieht, ist leicht zu erklären. Die Platte steht nämlich so, dass sie viel orangefarbiges Licht aussendet; die damit verbundene farblose Empfindung wäre nun, wenn nichts Anderes einwirkte, von immerhin beträchtlicher Helligkeit, weil von relativ bedeutender Grösse der Weissempfindung; nun wird aber durch den simultanen Helligkeitscontrast die Weissempfindung sehr zu Gunsten der Schwarzempfindung geschwächt, somit sind die Bedingungen zur Erzeugung des Braun gegeben.

Auf der andern Seite, wo der weisse Grund und das übrige Licht des Gesichtsfeldes der Röhre wegen nicht wirken kann, kommt jenes Braun nicht zum Vorschein, weil hier zwar jede der beiden Bedingungen seines Entstehens gesondert, nie aber beide gleichzeitig realisirt werden können. Hat man nämlich dem Orange durch günstige Stellung der Platte gegen die Lichtquelle hinreichend Geltung verschafft, so ist der farblose Antheil der Empfindung zu hell; sorgt man aber, indem man das Licht sehr schräge einfallen lässt, für genügende Dunkelheit des farblosen Antheils, so erdrückt derselbe sozusagen den farbigen, d. h. der relative Antheil des letzteren an der Gesammtempfindung wird zu klein, ja er verschwindet bei weiterer Fortsetzung der Drehung gänzlich.

Einen analogen Versuch hat bereits v. Brücke [1] gemacht. Er blickte durch einen gelben Glasplattensatz, den er unmittelbar vor die Augen hielt, nach einer weissen Fläche; er sah dieselbe niemals braun, wie sehr er auch die Zahl der Gläser vermehren mochte, um die Lichtintensität herabzusetzen. Entfernte er jedoch den Glasplattensatz so weit, dass derselbe nur ein kleines Stück des Gesichtsfeldes ausfüllte, während der übrige Theil von dem Lichte des weissen Papieres beleuchtet wurde, so erschien das durch die gelben Gläser gesehene Stück sofort braun.

---

[1] v. Brücke, „Über einige Empfindungen im Gebiete der Sehnerven“, in den Sitzber. d. kais. Akad. d. Wissensch. zu Wien. LXXVII. Bd., III. Abtheilung.

Man sieht, dass Brücke's Versuch im Wesen derselbe ist, wie der von mir ausgeführte, wenngleich ich das Phänomen anders deute, indem ich wohl zugebe, dass „das Schwarz als objective Farbe dabei vollständig entbehrt werden kann", gleichwohl aber der Ansicht bin, dass es sich hier um eine „Combination von Eindrücken" handle, sofern man unter Eindruck ein subjectives Phänomen (Empfindungsinhalt) versteht.

Nicht also eine höhere Intensität ist es, die etwa gewisse Arten von Braun auszeichnete und die jener Empfindung, die lediglich durch objective Verdunkelung des Orange hervorgebracht wird, mangelte, sondern nur der Sättigungsgrad und die Qualität des farblosen Antheiles der Empfindung.

Und wie hier, so scheint mir auch sonst im Gebiete der Gesichtsempfindungen nirgends ein zwingender Grund zur Annahme verschiedener Grade von Intensität im üblichen Sinne des Wortes vorzuliegen.

In einem gewissen Sinne liesse sich allerdings der Begriff der Intensität auch im Gebiete der Gesichtsempfindungen noch festhalten, insofern nämlich angenommen werden kann, dass die Grösse des psychophysischen Processes, dessen Correlat die Empfindung ist, die letztere derart mitbestimmt, dass sie sich in verschiedenem Masse gegen concurrirende Empfindungen zu behaupten vermag, oder, um mich eines von Hering eingeführten Ausdruckes zu bedienen, verschiedenes Gewicht hat. Indem ich auf die ausführlichere Darlegung in Hering's Lehre vom Lichtsinne verweise, kann ich mich hier auf einige wenige Worte beschränken. Die Qualität einer binär zusammengesetzten Gesichtsempfindung (z. B. Grau) wird lediglich bestimmt durch das Grössenverhältniss der beiden Componenten des psychophysischen Processes oder durch das Verhältniss der Empfindungsgewichte; das Totalgewicht der binären Verbindung ist für deren Qualität insolange gleichgiltig, als sie nicht in Concurrenz mit (gleichortigen, beziehungsweise nur gleichzeitigen) anderen Empfindungen tritt (z. B. Blau). Ist dies jedoch der Fall, so behauptet sich jene binäre Qualität in der Concurrenz erfolgreicher, wenn ihr Gewicht ein grösseres ist. Fingiren wir also den Fall, dass in einem gewissen Moment unser psychischer Gesammtzustand nur aus den beiden Elementen jener binären Verbindung

bestehe, und dass ausser diesen schlechterdings nichts in unserem Bewusstsein gegenwärtig sei — was bekanntlich nie eintritt — so wäre das Gesammtgewicht der binären Qualität ganz irrelevant. In der Concurrenz mit anderen Empfindungen jedoch äussert es sich einmal durch den grösseren oder geringeren Antheil, den das Phänomen als Partialempfindung an der Gesammtempfindung (beziehungsweise an dem momentanen Gesammtzustand des Bewusstseins) hat; dann natürlich auch in dem grösseren oder geringeren Widerstand, den es dem etwaigen Auftreten einer neuen concurrirenden Empfindung entgegensetzt. In der ersten Beziehung also hat das grössere oder geringere Gewicht nur die Folge, dass die Partialempfindung, der es zukommt, in der Gesammtempfindung (beziehungsweise im momentanen Gesammtzustand des Bewusstseins) deutlicher hervortritt, d. h. dass die Gesammtempfindung in Bezug auf jene Partialempfindung mehr oder weniger gesättigt ist — und insofern constituirt das Gewicht keine neue phänomenale Eigenschaft der Empfindung; in letzterer Beziehung (Widerstand in der Concurrenz mit neuauftretenden Empfindungen) aber ist das Gewicht überhaupt kein Moment des Phänomens. In keinem Sinne also deckt sich der Begriff des Gewichtes mit dem der Intensität einer Gesichtsempfindung im üblichen Sinne des Wortes.

Wir werden mithin das Bestehen von Intensitätsunterschieden innerhalb der Gesichtsempfindungen überhaupt in Abrede stellen dürfen; ich sage von Intensitätsunterschieden, denn die Möglichkeit einer constanten Intensität, die eben ihrer Constanz wegen nie bemerkt, also auch nicht direct empirisch nachgewiesen werden könnte, sondern nur etwa auf Grund deductiver Argumente angenommen werden müsste, bleibt immerhin bestehen.

II. Die specifische Helligkeit.

Nachdem wir so gezeigt zu haben glauben, dass Intensitätsänderungen im Gebiete der Gesichtsempfindungen nicht angenommen zu werden brauchen, können wir auf die nähere Untersuchung der Helligkeitsverhältnisse eingehen.

Klar ist vor Allem, dass uns die Reihe der farblosen Empfindungen alle möglichen Helligkeitsstufen repräsentirt;

reines Weiss ist heller als jede Farbe, reines Schwarz dunkler, die Übergänge zwischen Weiss und Schwarz stellen alle möglichen mittleren Helligkeiten dar, indem sie zugleich alle zwischen Schwarz und Weiss liegenden qualitativen Zwischenstufen repräsentiren, worauf bereits Hering hingewiesen hat.

Eben so sicher ist, dass in Farbenempfindungen von gleichem Tone ein farbloser Bestandtheil in sehr verschiedenem Verhältniss zum farbigen (im engeren Sinne) bemerkbar sein kann, welches Verhältniss eben die Sättigung der Farbenempfindung ausdrückt. Ist nun dieser farblose Bestandtheil — gleichen Ton und gleichen Sättigungsgrad vorausgesetzt — heller oder dunkler, so wird auch die Gesammtempfindung heller, beziehungsweise dunkler sein. Nehmen wir zwei Farben an, welche zwar verschiedenen Ton aber gleiche Sättigung haben, und deren farbloser Bestandtheil beiderseits ganz derselbe und daher auch beiderseits von gleicher Helligkeit ist, so fragt sich, ob auch die beiden Gesammtphänomene gleich hell erscheinen müssten, oder ob der farbige Bestandtheil in dem Einen einen grösseren oder kleineren Beitrag zur Gesammthelligkeit liefern kann, als der gleich grosse, aber einen andern Ton zeigende farbige Bestandtheil im Andern. Wäre ersteres der Fall, so müssten wir dem farbigen Bestandtheil, gleichviel welchen Ton er zeigt, stets dieselbe Helligkeit zuschreiben; wäre es aber nicht der Fall, so würde daraus folgen, dass den verschiedenen Farbentönen in absolut gesättigtem Zustande, d. h. mit Ausschluss jedes farblosen Antheiles, verschiedene Helligkeit zukomme. Ich will diese der Farbe im engsten Sinne zukommende Helligkeit, da sie uns in der Folge vielfach beschäftigen wird, mit einem eigenen Namen belegen, indem ich sie als specifische Helligkeit einer Farbe bezeichne. Wir können somit die vorliegende Frage kurz so ausdrücken: Haben die verschiedenen Farben verschiedene specifische Helligkeit? Ist die Frage zu bejahen, so heisst dies so viel, als dass die verschiedenen Farbentöne, wenn sie absolut frei von jedem farblosen Antheil (Weiss, Grau, Schwarz) vorkommen könnten, nicht gleich hell erscheinen würden, sondern dass etwa das Gelb heller erschiene als das Blau. Die Helligkeit einer gewissen Farbenempfindung wäre alsdann nicht bloss abhängig von der Qualität des farblosen Antheiles und der Sättigung d. i.

dem Verhältniss des farblosen Antheils zum farbigen, sondern zugleich auch von der specifischen Helligkeit des letzteren. Eine Entscheidung der vorliegenden Frage scheint zunächst schwierig, weil die Phänomene, um die es sich hier handelt, die absolut gesättigten Farben, nicht isolirt beobachtet werden können.

Helligkeitsmessungen in den einzelnen Theilen des Spectrums sind wiederholt und nach den verschiedensten Methoden gemacht worden, so von Frauenhofer, später von Vierordt, dann von Brücke und in neuester Zeit von Macé und Nicati; doch führen alle diese Methoden nur zur Messung der Totalhelligkeit einer Farbenempfindung und sind auch nur in dieser Absicht ersonnen. Wie weit das in der Empfindung enthaltene Weiss an dieser Helligkeit Antheil hat, und in wie weit auch die specifische Helligkeit der Farbe; ob ferner eine solche überhaupt existirt, lassen diese Messungen natürlich unentschieden. Eine klare Trennung beider Factoren hat meines Wissens nur Hering gemacht, wenn er darauf hinweist, dass im gewöhnlichen Dispersionsspectrum des Tageslichtes das Grün die grösste weisse Valenz hat, während doch das Maximum der Helligkeit im Gelb liegt.[1]

Können wir nun absolut gesättigte Farben nicht herstellen, so würde uns doch ein constanter Sättigungsgrad oder wenigstens ein exactes Mass für die Sättigung überhaupt zum Ziele führen; denn letzterenfalls wäre es möglich den Einfluss der Helligkeit des farblosen Empfindungsantheiles rechnend zu eliminiren. Doch besitzen wir dazu kein Mittel. Denn da Empfindungen, wenn überhaupt, so nur unter Vermittlung der Reizgrössen gemessen werden können, an der Sättigung aber ebensosehr die Empfindung des Schwarz, wie die des Weiss Theil hat, und die erstere ohne objectiven Reiz zu Stande kommt, so geht daraus schon hervor, dass wir die Möglichkeit Sättigungsgrade exact zu messen von vornherein gar nicht erwarten dürfen. Und so kann denn von einem directen Vergleich der Farben auf ihre specifischen Helligkeiten nicht die Rede sein.

Trotz alledem lassen sich, wie wir sehen werden, einige Gesetze über jene specifischen Helligkeiten aufstellen, falls es

[1] Hering, „Über Holmgrens vermeintlichen Nachweis der Elementarempfindungen des Gesichtssinns“ in Pflüger's Archiv, Bd. XL, S. 18—19.

nämlich möglich ist die weisse Valenz, d. h. den weisswirkenden Reizwerth eines beliebigen farbigen Lichtes zu messen. Ist dies der Fall, so hindert nichts durch (quantitative) Änderung der farbigen Valenz der objectiven Farbe den Sättigungsgrad der Farbenempfindung zu variiren, dabei aber doch die weisse Valenz des objectiven Lichtes constant zu erhalten. Ein blaues Pigment z. B. hat in Bezug auf die Empfindung, die es bewirkt, einen Weisswerth (Reizwerth für die Weissempfindung) von bestimmter Grösse. Würde man dieses Pigment auf dem Farbenkreisel mit (objectivem) Schwarz mischen, so würde man damit nicht nur die Sättigung der Empfindung mindern, sondern offenbar auch den Weisswerth des Reizes auf der Flächeneinheit; würde man demselben (objectiven) Blau auf dem Kreisel Weiss zumischen, so würde dadurch die Sättigung der Empfindung ebenfalls gemindert, der Weisswerth des Reizes auf der Flächeneinheit aber offenbar erhöht. Ohne Zweifel wird es demnach ein gewisses (durch Mischung von objectivem Schwarz und Weiss auf dem Kreisel erzeugtes) Grau geben, das, zum Blau in einem gewissen Verhältniss zugesetzt, zwar die Sättigung der Farbenempfindung mindert, doch aber an der weissen Valenz (Reizwerth der Flächeneinheit für die Weissempfindung) des Gemisches nichts ändert. Je nach dem Verhältniss, in welchem das blaue Pigment mit farblosem gemischt wird, muss natürlich auch die Qualität von jenem Grau geändert werden, wenn die Weissvalenz des Gemisches constant bleiben soll.

Durch diese Constanz des weissen Reizwerthes wird nun allerdings eine Constanz in der (phänomenalen) Weisslichkeit der Empfindung nicht bewirkt, wie aus folgender Betrachtung hervorgeht: gesetzt, ein gewisses Licht habe einen Weisswerth von bestimmter Grösse und sonst gar keinen Reizwerth (also keine farbige Valenz), so wird es eine gewisse Grauempfindung erzeugen, welche dadurch charakterisirt ist, dass die Weisslichkeit $a\%$ der Gesammtempfindung ausmacht. Könnten wir nun zugleich auf dieselben Netzhautstellen ein Licht wirken lassen, das nur blaue Valenz hat [1], so würde dies Weiss der Empfindung trotz gleicher weisser Valenz des Reizes

[1] Obwohl es ein solches Licht in Wirklichkeit nicht gibt, da auch monochromatisches Licht immer einen gewissen Weisswerth hat.

einen kleineren Theil, also weniger als $a^0/_0$, der Gesammtempfindung einnehmen, und somit wird die Helligkeit des ganzen Phänomens sich ändern, da sie ja doch durch ihre Weisslichkeit mitbestimmt wird (wenn diese auch nicht der einzige Factor ist). Findet aber diese Änderung immer in demselben Sinne statt[1], gleichgiltig welchen Ton die betreffende Farbe hat, so lässt sich nichts gegen die Annahme vorbringen, dass der Beitrag, den der farbige Antheil der Empfindung zur Helligkeit des ganzen Phänomens liefert, für alle Farbentöne derselbe sei, m. a. W., dass alle Farben dieselbe specifische Helligkeit besitzen. Ändert sich jedoch die Helligkeit bei constanter Weissvalenz je nach dem Tone der Farbe in verschiedenem Sinne, so muss eine Verschiedenheit der specifischen Helligkeiten angenommen werden.

Zunächst handelt es sich also um die Bestimmung der weissen Valenz eines farbigen Lichtes. Der betreffenden experimentellen Untersuchung liegt folgende Überlegung zu Grunde: wenn wir unsere Augen durch längeren Aufenthalt im verdunkelten Raume „ausruhen“ lassen, so steigert sich die Erregbarkeit der lichtempfindlichen Substanz für farbloses Licht ungleich stärker als die für farbiges. Man öffne, nachdem man sich etwa eine halbe Stunde in einem mit dem Aubert'schen Diaphragma versehenen Dunkelzimmer aufgehalten, das Diaphragma ein wenig, während man z. B. auf eine blaue Scheibe auf schwarzem Grunde blickt; man sieht dieselbe dann grau, während man, wenn die halbstündige Adaptation nicht vorangegangen ist, bei gleich grosser Öffnung des Diaphragmas die Scheibe dunkler, aber bereits schwach gefärbt sieht; vorausgesetzt natürlich, dass man so viel Zeit vergehen lässt, als nöthig ist, um überhaupt Gegenstände unterscheiden zu können. Man kann mit der Öffnung des Diaphragmas um so weiter gehen, je weniger gesättigt die Farbe der Scheibe ist und je länger man das Auge für die Dunkelheit adaptirt hat.

Dass wir es hier wirklich mit einer gesteigerten Erregbarkeit für farblose Lichtwirkung zu thun haben, lässt sich am deutlichsten nachweisen, wenn man nur Ein Auge adaptirt. Ich habe den Versuch in folgender Weise ausgeführt: ich schützte ein Auge durch eine Binde längere Zeit vor jedem Lichtzutritt

[1] Wenn auch mit verschiedener Stärke.

(es ist am besten dies unmittelbar nach dem Erwachen vor Öffnen der Augen zu thun, da das Auge hier bereits vor dem Verbinden nur den relativ schwachen äusseren Reizen ausgesetzt war, die durch das Lid dringen). Nachdem ich so das eine Auge hinreichend empfindlich gemacht hatte, begab ich mich in einen innen geschwärzten Kasten, in welchen das Ocular eines Spectralapparates[1] durch ein enganschliessendes Loch hineinragte. Blickte ich bei passender Verdunkelung der spectralen Farbe mit dem ausgeruhten Auge durch das Ocular, so erschien das Gesichtsfeld in einem Grau von bestimmter Helligkeit; betrachtete ich dasselbe jedoch mit dem nichtausgeruhten Auge, so konnte ich die Farbe des Gesichtsfeldes deutlich erkennen. Ersterenfalls war es möglich eine Gleichung mit diffusem Tageslicht, das passend abgeschwächt wurde, herzustellen; letzterenfalls natürlich nicht.

Der eben erwähnte Umstand lässt sich dazu benützen ein Maass für die weisse Valenz einer Farbe mittels Kreiselgleichungen zu gewinnen. Bringt man nämlich durch objective Verdunkelung die Farbe zum Schwinden, während man durch Adaptation des Auges die Weissempfindlichkeit für farblose Lichtwirkung steigert, so sieht man, wie erwähnt, die Farbe als Grau von bestimmter Helligkeit und ist nun im Stande eine Gleichung mit einem andern Grau herzustellen, das auf dem Kreisel durch Mischung von Weiss und Schwarz erzeugt wird. Sind so beide Grau auf gleiche weisse Valenz gebracht, so erscheinen sie dem adaptirten Auge gleich, und haben nach dem Gesetze von der Constanz der optischen Valenzen[2] auch gleiche

---

[1] Derselbe ist so eingerichtet, dass nach Bedarf das ganze (kreisrunde) Gesichtsfeld oder nur eine Hälfte desselben mit jeder beliebigen Spectralfarbe erfüllt werden kann. Vergl. Hering, „Über individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes“ im „Lotos“ Bd. VI, S. 20 des Sonderabdruckes.

[2] Nehmen wir an, eine gewisse Farbenempfindung bestehe für das nicht adaptirte Auge aus a Theilen Weiss, b Theilen Schwarz und c Theilen Roth ($a\,W + b\,S + c\,R$), so wird nach passender Verdunkelung und Adaptation die Empfindung z. B. aus α Theilen Weiss, β Theilen Schwarz und 0 Theilen Roth bestehen ($\alpha\,W + \beta\,S + o\,R$) und daher einem Grau, das für dieselben Umstände aus $\alpha\,W$ und $\beta\,S$ besteht, gleich sein. Denken wir uns nun wieder die Beleuchtung gesteigert und die Adaptation aufgehoben, so ist aus dem Gesetz der Constanz der optischen Valenzen klar, dass sowohl

weisse Valenz für das nicht adaptirte („ermüdete") Auge, welches nebst dem farblosen auch den farbigen Antheil des betreffenden Pigmentes sieht. Misst man also das Quantum Weiss, welches zur Herstellung der Gleichung erforderlich war, so hat man damit ein Mass für die weisse Valenz eines gewissen Pigmentes gewonnen, und zwar ein Mass im strengen Sinne des Wortes. Denn, gesetzt ein gewisses Quantum a einer Farbe sei in Bezug auf die Erzeugung farbloser Empfindung äquivalent mit dem Quantum x weissen Lichtes, so ist auch $\frac{a}{n}$ dieser Farbe äquivalent mit $\frac{x}{n}$ weissen Lichtes. Es ist natürlich gleichgiltig, durch welche Mittel das a in $\frac{a}{n}$ verwandelt wird, ob man dies also auf dem Farbenkreisel durch Verkleinerung des Sectors herbeiführt oder durch entsprechende Herabsetzung der objectiven Beleuchtungsintensität, für welch letzteren Fall das Bestehenbleiben der Gleichung experimentell erwiesen ist.

Die Bestimmung der weissen Valenz kann, wie gesagt, mittelst des Farbenkreisels geschehen. Man setzt zu diesem Behufe Scheiben von dreierlei Durchmesser auf; die äussere und innere sind aus dem Pigmentpapier geschnitten, dessen weisse Valenz eben untersucht werden soll; die mittlere besteht aus einem weissen auf einem schwarzen Sector, die gegen einander verschiebbar sind (Maxwell'sche Scheiben). Die Beobachtung wird in einem mit dem Aubert'schen Diaphragma versehenen Dunkelzimmer gemacht. Vorerst wird das Diaphragma geschlossen und der Beobachter bleibt längere Zeit im vollständig verdunkelten Raum, hierauf lässt man durch allmäliges Öffnen des Diaphragmas so viel Licht eintreten, dass das Pigmentpapier eben noch nicht als farbig

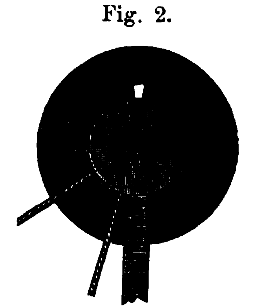
---

das $\alpha W + \beta S$ der Farbenempfindung wie auch das $\alpha W' + \beta S$ des Vergleichsgrau dieselbe Veränderung erleiden wird; beide werden nämlich in $a W' + b S$ übergehen, nur dass auf der einen Seite noch $c R$ hinzutreten. Das $\alpha W'$ ist also wirklich ein Mass für die weisse Valenz des rothen Pigmentes.

In Bezug auf das angezogene Gesetz von der Constanz der optischen Valenzen vergl. Hering „Über Newtons Gesetz der Farbenmischung" in dem naturwissenschaftlichen Jahrbuch „Lotos" Bd. VII, §§. 27 und 28 ferner §§. 39 und 40.

erkannt wird. Es ist nothwendig hier bis hart an die Grenze vorzuschreiten, weil bei zu geringer Beleuchtung die Unterschiedsempfindlichkeit zu klein ist, um einigermassen hinreichende Genauigkeit zu erzielen. Ist nun das eintretende Lichtquantum in dieser Weise passend geregelt, so kommt es nur darauf an, das schwarze und weisse Kreisringstück in ein solches Verhältniss zu setzen, dass der mittlere Ring nicht mehr unterschieden wird, sondern dass man eine einzige homogene graue Scheibe sieht. Ist dies der Fall, so wird der weisse Sector gemessen; seine Grösse würde dann die weisse Valenz der betreffenden Farbe eindeutig bestimmen, jedoch nur unter der Voraussetzung, dass von dem schwarzen Papier gar kein Licht ausgesendet wird. Da dies jedoch nicht der Fall ist, muss die Menge farblosen Lichtes, welche von dem letzteren herrührt, bestimmt und mit eingerechnet werden. Es wurde dies in folgender Weise bewerkstelligt: auf den Farbenkreisel wurde eine schwarze und eine weisse Scheibe von gleichem Durchmesser so aufgesetzt, dass die letztere durch die erstere verdeckt war; die weisse Scheibe ragte jedoch mit einem Kreisringstück über die Peripherie der schwarzen hinaus, wie dies Fig. 2 darstellt. Hinter der vertical stehenden Scheibe befindet sich eine horizontale, etwa $1m$ lange, mit schwarzem Sammet ausgelegte, rückwärts verschlossene Röhre, deren vordere Öffnung hinter der Scheibe erscheint. Dieselbe kann leicht so aufgestellt werden, dass alle etwaigen Reflexe des inneren Sammtbeleges vermieden werden. Ihre vordere Öffnung kann sonach mit grosser Annäherung als lichtlos betrachtet werden. Lässt man nun die schwarze Scheibe sammt dem vorstehenden weissen Kreisringstück rotiren und stellt sich selbst so auf, dass die Röhrenöffnung den Hintergrund für das Kreisringstück bildet, so erscheint auf dunklem Hintergrund ein grauer Kreisring von bestimmter Helligkeit. Es handelt sich nun darum, das Kreisringstück so gross zu machen, dass der durch die Rotation entstehende Ring gleiche Helligkeit hat wie die schwarze Scheibe. Dies wird entweder dadurch erreicht, dass man es durch Beschneiden in radialer

Fig. 2.



Richtung immer mehr und mehr verschmälert, oder dadurch dass man an Stelle des einen Kreisringstückes zwei gegen einander verschiebbare setzt, deren Grösse so gewählt werden muss, dass, wenn sie neben einander liegen, also beide sichtbar sind, der Rotationsring zu hell, wenn hingegen das eine durch das andere völlig verdeckt wird, zu dunkel erscheint verglichen mit der schwarzen Scheibe. Man findet dann durch Hin- und Herschieben der beiden weissen Stücke leicht eine Breite, bei welcher der Ring gleiche Helligkeit mit der Scheibe hat. Der dieser Breite entsprechende Centriwinkel gibt ein Mass ab für die Menge weissen Lichtes, die das schwarze Papier aussendet. So habe ich für schwarzes Tuchpapier, wie es zur inneren Belegung optischer Instrumente verwendet wird, die Weisslichkeit $= \frac{1}{60}$ des von mir benützten mattweissen Barytpapiers gefunden, d. h. in Bezug auf die — hier allein in Frage kommende — Weissempfindung sind 360° des Tuchpapiers äquivalent mit 6° weissen Barytpapiers.

Hat man also in der früher beschriebenen Weise die weisse Valenz eines Pigmentes bestimmt, so muss zur Grösse des weissen Sectors noch der 60. Theil des schwarzen addirt werden.

Natürlich ist bei den Messungen der weissen Valenz von Pigmentpapieren eine grössere Anzahl von Bestimmungen erforderlich, um etwaige Beobachtungsfehler zu eliminiren. Weiters muss während der Untersuchung alles vermieden werden, was die Erregbarkeit des Organs schwächen könnte; so vor Allem jede Erhöhung der Beleuchtung. Die Ablesungen und Verschiebungen des Sectors besorgt ein Gehilfe vermittels einer Kerze oder Gasflamme; während diese brennt, schliesst der Beobachter die Augen und schützt sie ausserdem durch ein undurchsichtiges Tuch vor jedem Lichtzutritt. Auch die Stellung des Kopfes gegen den Kreisel muss fixirt werden, da jede Änderung der ersteren andersartige Reflexionsverhältnisse zur Folge haben kann, und somit eine Gleichung, die bei der einen Stellung gilt, bei einer andern in der Regel nicht genau gelten wird.

Ich habe auf diese Weise eine Anzahl von pigmentirten Papieren[1] auf ihre Weissvalenz untersucht und die Untersuchung

[1] Herr Prof. Hering hat eine Collection solcher Papiere zusammengestellt, welche vermöge ihrer Sättigung und des nahezu vollständigen

von Anderen wiederholen lassen. Namentlich war Herr Professor Biedermann, der für Unterschiede des Farbentones und der Helligkeit ganz besonders empfindlich ist, so freundlich diese und auch die meisten der folgenden Beobachtungen unabhängig von mir anzustellen, und seine Resultate stimmten mit den meinigen in jedem nur wünschenswerthen Grade von Genauigkeit.

Von den vier Farben,[1] deren Weissvalenz ich in der angegebenen Weise untersuchte, ergab sich für Roth eine Weissvalenz von 10°, d. h. also: in Bezug auf die Weissempfindung ist eine volle rothe Scheibe (360°) äquivalent mit einem Grau, das durch Rotation eines weissen Sectors von 10° erzeugt ist, wobei die übrigen 350° mit Rücksicht auf die erwähnte Correctur als nahezu lichtlos angesehen werden können.

Die so erzielten Messungsresultate sind für die vier zu den vorliegenden Versuchen verwendeten Papiere folgende:

360°	Roth	entsprechen	10°	Weiss
360°	Blau	„	90°	„
360°	Grün	„	152°	„
360°	Gelb	„	190°	„ [2]

Mangels an Glanz zu optischen Versuchen besonders geeignet sind. Dieselben sind beim Prager k. k. Universitätsmechaniker Herrn Rudolf Rothe zu erhalten.

[1] Keines der vier benützten Pigmente entsprach seinem Tone nach genau einer der vier Grundfarben, insbesondere nicht das Roth, welches vom Tone des spectralen Roth und also im Vergleich mit reinem Roth gelblich war. Da aber Pigmente vom Tone des reinen Roth sich nie in solcher Sättigung herstellen lassen, wie solche vom Tone des spectralen Roth (vgl. Hering, „Über individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes" im „Lotos", Neue Folge, Bd. VI, S. 154, im Sonderabdruck, S. 16), so habe ich das spectrale Roth vorgezogen. Für die folgenden Versuche kommt es ohnehin nur darauf an, dass die betreffende Grundfarbe in dem benützten Pigmente weitaus überwiegt.

[2] Die Grenzen, in denen sich die Beobachtungsfehler bewegten, hatten für die vier Farben folgende Ausdehnung:

für Roth .... 0·3°
„ Blau .... 4°
„ Grün .... 6°
„ Gelb .... 5·5°.

Ist so die weisse Valenz eines Pigmentes bestimmt, so ist man im Stande, das letztere in den verschiedensten Verhältnissen mit Weiss und Schwarz zu mischen, d. h. ihm die verschiedensten Sättigungsgrade zu ertheilen, dabei aber doch die weisse Valenz des Gemisches constant zu erhalten. So sind die (auf dem Kreisel vollzogenen) Mischungen von

(1)...... 80 Blau + 127·5 Weiss + 152·5 Schwarz;
(2)......120 „ + 118 „ + 122 „ und
(3)......280 „ + 80 „ + 0 „

in Bezug auf die Weissempfindung äquivalent.

Denn wenn 360 Blau in ihrer Wirkung auf die Weissempfindung mit 90 Weiss äquivalent sind, so müssen 80 Blau mit 20 Weiss äquivalent sein. Gesetztenfalls nämlich, es bestehe für eine gewisse geringe Beleuchtungsintensität i und für adaptirte Augen die Gleichung

$$360 \text{ Bl} = 90 \text{ W},$$

so bleibt, wie die Erfahrung lehrt, diese Gleichung bestehen, wenn die Intensität i beliebig herabgesetzt wird. Es ist aber offenbar für den objectiven Lichtreiz gleichgiltig, ob man an Stelle der Beleuchtungsintensität i die Intensität $\frac{i}{2}$ setzt oder ob man, bei gleichbleibender Intensität (i), an Stelle von 360 Blau 180 Blau und an Stelle von 90 Weiss 45 Weiss treten lässt. Besteht also die ursprüngliche Gleichung 360 Bl = 90 W auch bei der Intensität $\frac{i}{2}$, so wird die Gleichung

$$180 \text{ Bl} = 45 \text{ W}$$ [1]

auch bei der Intensität i bestehen. Allgemein gesprochen: wenn x Blau in Bezug auf ihre Weisswirkung mit y Weiss äquivalent sind, so wird dies auch für $\frac{x}{n}$ Blau und $\frac{y}{n}$ Weiss gelten.

[1] Hier ist natürlich vorausgesetzt, dass die, beide Seiten der Gleichung zu 360° ergänzenden, Sectoren lichtlos seien; dasselbe wird auch für die erste Gleichung (360 *Bl* = 90 *W*) angenommen. Verwendet man zur Ergänzung schwarzes Tuchpapier, so muss das von diesem ausgesendete Licht mit in Rechnung gebracht werden; die erste Gleichung heisst dann nicht mehr 360 *Bl* = 90 *W*, sondern etwa 360 *Bl* = 85, 5 *W* + 274, 5 *S*: die zweite nicht mehr 180 *Bl* = 45 *W*, sondern 180 *Bl* + 180 *S* = 42, 7 *W* + 317,3 S.

Bringt man das vom schwarzen Tuchpapier ausgesendete Licht mit in Rechnung — wir hatten gesehen, dass eine volle Scheibe so viel Licht aussendet wie ein Sector weissen Barytpapieres von 6° — so erkennt man, dass die unter (1), (2) und (3) angeführten Mischungen unter einander gleich viel weisse Valenz haben. Es ist nämlich ein auf lichtlosem Grunde rotirender weisser Sector von 150° in Bezug auf seine Weisswirkung mit jedem der drei Gemische äquivalent.

Trotz dieser Äquivalenz der Weisswirkung erscheinen die drei Gemische sehr verschieden in der Helligkeit, und zwar ist das Gemisch um so dunkler je mehr Blau es enthält, das dritte also dunkler als das zweite, dieses dunkler als das erste.

Am grössten muss natürlich die Helligkeitsdifferenz sein, wenn man einerseits das Blau = 0, anderseits = 360 werden lässt; oder mit andern Worten, wenn man ein Blau, das im passend verdunkelten Raum und für adaptirte Augen einem gewissen Grau gleich ist, dann bei hellem Tageslicht (wo also die Farbe sichtbar ist) mit demselben Grau vergleicht; das Blau erscheint dann ungleich dunkler. Nur ist diese letzte Form des Versuches für Ungeübte weniger eindringlich, da der allzugrosse Qualitätsunterschied den Helligkeitsvergleich erschwert. Wir werden später Mittel kennen lernen, die derartige Helligkeitsvergleiche zwischen farbigen und farblosen Empfindungen erleichtern.

Ein ähnliches Verhalten wie Blau zeigt auch Grün. Das von mir benützte grüne Papier hatte, wie oben bemerkt, 152° weisse Valenz, um mich eines abgekürzten, nunmehr aber verständlichen Ausdruckes zu bedienen. Dementsprechend sind die beiden Gemische

$$90 \text{ Gr.} + 109 \text{ W.} + 161\, S \text{ und} \tag{4}$$

$$180\ \text{„}\ + 72\ \text{„}\ + 108\, S \tag{5}$$

in Bezug auf ihre Weisswirkung äquivalent, untereinander und mit einem Grau, das durch Rotation eines weissen Sectors von 150° auf lichtlosem Grunde erzeugt wird. Auch hier erscheint die Mischung (5), welche mehr Farbe enthält, dunkler.

Stellt man hingegen analoge Versuche mit Gelb und Roth an, so verhalten sich die Mischungen in Bezug auf ihre Helligkeit gerade umgekehrt; diejenige Mischung, welche mehr Gelb, beziehungsweise Roth enthält, erscheint heller. So haben die Mischungen:

$$72\,G + 109\,W + 179\,S \text{ und} \tag{6}$$
$$144\,G + 72\,W + 144\,S \tag{7}$$

gleich viel weisse Valenz (sc. 150°) und dasselbe gilt von den Gemischen

$$90\,R + 139\,W + 131\,S \text{ und} \tag{8}$$
$$180\,R + 131\,W + 49\,S; \tag{9}$$

7) und 9) erscheinen jedoch heller als 6), beziehungsweise 8).

Es scheint somit sicher, dass die Helligkeit eines Farbenphänomens nicht allein von der Qualität (Helligkeit) des farblosen Theiles der Empfindung und dem Sättigungsgrade abhängt, sondern dass die verschiedenen Farben (im engeren Sinne) verschiedene (specifische) Helligkeit besitzen, da bei einer gewissen gleich starken Wirkung auf die Weissempfindung (d. h. bei gleicher weisser Valenz) — wir haben sie bei den vorhin beschriebenen Versuchen überall = 150 gesetzt — das wachsende Hervortreten der einen Farbe erhellend, das der anderen verdunkelnd wirkt. Das erstere ist bei Roth und Gelb, das letztere bei Blau und Grün der Fall.

Dieses Verhalten lässt sich noch in anderer Weise constatiren. Ich habe mir zu diesem Behufe eine Helligkeitsscala anfertigen lassen, die in einer Reihe von grauen, eng aneinanderliegenden Streifen den Übergang von Weiss zu Schwarz in relativ kleinen (übrigens nicht ganz regelmässigen) Abständen darstellt. (Als Muster diente die in Chevreul's Farbenatlas befindliche Scala, die jedoch für unsere Zwecke zu wenig Stufen hatte.) Sodann wurden aus jedem der vier, zum vorigen Versuche verwendeten, farbigen Papiere kleine Scheiben ausgeschlagen, deren Durchmesser der Breite der grauen Streifen nahezu gleich war (nämlich etwa 1 *cm* betrug); hierauf wurden die Scheiben von je einer Farbe so auf der Helligkeitsscala angeordnet, dass, wenn die einzelnen Streifen der Scala vertical untereinander lagen, auch

die Scheiben vier verticale Reihen bildeten, jede von einer anderen Farbe. Auf die ganze Skala wurde eine farblose Spiegelglasplatte gepresst um die ganze Fläche möglichst eben zu machen. Hierauf wurden jene vier Streifen der Scala gesucht, die mit je einem daraufliegenden Scheibchen gleiche Helligkeit hatten; die Nummern der Scalentheile wurden notirt. Dieselbe Bestimmung wurde sodann unter Verhältnissen gemacht, in denen die Farbe der Scheiben nicht mehr erkannt wurde, indem wie bei dem früher erwähnten Versuche die Beleuchtung passend herabgesetzt und das Auge für farbloses Licht besonders empfindlich gemacht wurde. Man brauchte hier nur für jede der vier Farben die Stelle anzugeben, wo die betreffende kleine Scheibe nicht sichtbar war. Verglich man nun beide Bestimmungen mit einander, so zeigte sich, dass bei Sichtbarkeit der Farbe Blau und Grün einen viel dunkleren Scalentheil entsprach, als wenn die Farbe weniger oder gar nicht sichtbar war; dass hingegen bei Roth und Gelb das Umgekehrte der Fall war.

Hier wird, wie man sieht, die Beobachtung des früher erwähnten Grenzfalles ermöglicht. Wir sahen, dass eine Farbe, die mit einem gewissen Grau in Bezug auf die weisse Valenz übereinstimmt, in ihrer Helligkeit von demselben verschieden ist; nur sei es nicht immer leicht, bemerkten wir, jenen Unterschied zu erkennen, da zwei Dinge in Bezug auf einen ihrer Theile zu vergleichen überhaupt schwierig sei, wenn die übrigen nicht verglichenen Elemente grosse Verschiedenheiten zeigen, wie dies im vorliegenden Falle gilt, wo Helligkeiten verglichen werden sollen, die völlig verschiedenen Arten von Qualitäten zukommen. Es gelingt dies jedoch bei dem Versuch mit der Scala auf dem Wege der Ausschliessung ganz leicht. Auf den ersten Blick nämlich lässt sich sofort angeben, bis wohin die Streifen der Scala entschieden dunkler und bis wohin sie entschieden heller sind, als die darauf liegenden Scheibchen einer gewissen Farbe. Mit einiger Aufmerksamkeit lassen sich diese Grenzen enger ziehen, indem man allmälig immer mehr Streifen vom Vergleiche ausschliesst; und gelingt es auch nicht in jedem Falle, das Gebiet bis auf einen einzigen Streifen einzuschränken, so ist doch die Zahl, innerhalb deren man dauernd schwankt,

eine so geringe, dass die Genauigkeit des Resultates dadurch nicht wesentlich leidet.

Im Folgenden theile ich zur Probe einige Beobachtungen mit, die noch mit Chevreul's Scala gemacht wurden. Die Zahlen geben die Nummern derjenigen Streifen an, die mit den aufgelegten Scheiben als gleich hell beurtheilt wurden. Die Angaben in der ersten Verticalcolumne beziehen sich auf die Beobachtungen bei diffusem Tageslicht, die in der zweiten auf die Gleichungen in der Dunkelkammer nach ungefähr 15 Minuten langer Adaptation.[1]

Farbe	Beobachter	Hell	Dunkel. Adaptirtes Auge
Roth	Herr Prof. Hering	16—18	21
	„ „ Biedermann	17—18	21
	„ Dr. E. Münzer	18	21
	Hillebrand	18	21
Grün	„ Prof. Hering	13	9
	„ „ Biedermann	14	12
	„ Dr. E. Münzer	15	10
	Hillebrand	15	11
Gelb	„ Prof. Hering	4	8
	„ „ Biedermann	4—5	8
	„ Dr. E. Münzer	5	8—9
	Hillebrand	4	10
Blau	„ Prof. Hering	19	14
	„ „ Biedermann	19—20	13—14
	„ Dr. E. Münzer	18—19	12
	Hillebrand	18	14

(Für diejenigen, denen Chevreul's Farbenatlas nicht zugänglich ist, bemerke ich, dass die hier benützte Helligkeitsscala aus 22 Stufen besteht, und dass die aufsteigenden Zahlen der abnehmenden Helligkeit entsprechen, so dass Weiss mit 0, Schwarz mit 21 bezeichnet ist.)

[1] Auch hier muss dafür gesorgt werden, dass die in den beiden Reihen mitgetheilten Beobachtungen bei möglichst gleichem Einfallswinkel des Lichtes und gleicher Stellung des Kopfes der Scala gegenüber angestellt werden.

Anmerkung. In ähnlicher Weise verfuhr v. Brücke um farbige Pigmente auf ihre Helligkeit zu prüfen.[1] Er verschaffte sich eine Helligkeitsscala ähnlich der unserigen, nur mit dem Unterschiede, dass die Helligkeitsstufen continuirlich in einander übergingen. In das farbige Papier, dessen Helligkeit er bestimmen wollte, schnitt er an verschiedenen Stellen Fenster ein und presste das Papier mittelst einer Glasplatte und Klemmen an die Scala. Hierauf entfernte er sich so weit, bis eines der Fenster oder auch mehrere derselben undeutlich wurden. Je nachdem dieselben beim Undeutlichwerden als dunklere oder hellere Flecken erschienen, verschob er das farbige Papier entsprechend auf der Scala so lange, bis jede weitere Verschiebung den Helligkeitsabstand vergrösserte. Das durch das betreffende Fenster sichtbare Grau der Scala sollte dann von gleicher Helligkeit sein, wie das farbige Papier. — Ich muss gegen diese Methode Bedenken erheben. Die grauen Fenster nämlich unterliegen den Wirkungen des simultanen und — da man ja, um zu vergleichen, den Blick wandern lassen muss — des successiven Farbencontrastes, und zwar um so mehr, je kleiner sie sind. Sie ändern also Ton und Helligkeit, wovon ich mich durch Wiederholung der Versuche überzeugt habe. Im Allgemeinen wird somit nicht jenes Grau von gleicher Helligkeit sein, welches v. Brücke dafür hält. Ich bin in der That, indem ich analoge Versuche mit durchlöcherten Pigmentpapieren machte, zu Resultaten gelangt, die mit meinen früher erwähnten Bestimmungen nie übereinstimmten, obwohl ich dieselben Papiere und die gleiche Scala benützte und die Versuche von denselben Beobachtern unter möglichst gleichen Beleuchtungsverhältnissen wiederholen liess. Bei längerem Betrachten macht sich übrigens auch die simultane Farbeninduction geltend und stört den Helligkeitsvergleich. Jedoch von all dem ganz abgesehen, haftet der Methode noch ein anderer Mangel an. Die Entfernung des Beobachters ändert nämlich das Phänomen im selben Sinne, in welchem bei unseren Versuchen die Minderung der allgemeinen Beleuchtung in der Dunkelkammer die Erscheinung änderte. Wir sahen, dass, wenn in Folge herabgesetzter Beleuchtung ein Pigment seine Farbe verlor und grau erschien, die Analyse dieses Grau uns kein Mass für die Helligkeit, die das Pigment bei Taglicht hat, abgibt, sondern nur ein Mass seiner weissen Valenz. Wird die Verdunkelung nicht so weit getrieben, sieht man also noch „etwas Farbe", so repräsentirt das betreffende Grau der Scala zwar nicht die weisse Valenz des Pigmentes, aber ebenso wenig dessen Helligkeit bei Tagesbeleuchtung.

Was aber hier die Verdunkelung leistet, Ähnliches bewirkt auch die mit der Entfernung des Beobachters zunehmende Kleinheit des farbigen Feldes, beziehungsweise die je nach der Farbe mehr oder minder mangel-

---

[1] v. Brücke, „Über einige Consequenzen der Young-Helmholtz'schen Theorie" in den Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. zu Wien, mathem.-nat. Classe, Bd. LXXXIV, S. 435 ff.

hafte Accommodation des Auges, wobei insbesondere auch dessen Chromasie in Betracht kommt, so dass eine genaue Messung der Helligkeit nicht mehr möglich ist.

Immer zeigt sich also, dass in Bezug auf mittlere Stufen der farblosen Empfindungsreihe[1] Roth und Gelb aufhellend, Blau und Grün verdunkelnd wirken. Da nun dies der Fall ist, während alle vier Farben auf gleiche weisse Valenz gebracht sind, so dürfen wir den Schluss ziehen, dass die ersten zwei Farben als solche, d. i. abgesehen von der etwaigen gleichzeitigen Weissempfindung, heller sind als die beiden letzten.

Es fragt sich nun weiter, welche von den beiden erhellenden Farben (Roth und Gelb) unter den genannten Umständen stärker erhellt und welche von den beiden verdunkelnden stärker verdunkelt. Ist dies bestimmt, so lassen sich die vier Hauptfarben nach ihrer Helligkeit ordnen. Leider scheint mir diese Frage vorläufig nicht exact zu beantworten. Denn offenbar hängt der Grad der Aufhellung nicht allein von dem Ton der Farbe, sondern auch von ihrer (phänomenalen) Sättigung ab. Ist die Farbe gesättigter, ist also mehr Farbe im engeren Sinne vorhanden, so wird sich der erhellende, beziehungsweise verdunkelnde Einfluss derselben in höherem Grade geltend machen, umgekehrt im Falle geringerer Sättigung. Es ist das von vornherein zu erwarten, lässt sich aber auch mit Hilfe der Chevreul'schen Scala leicht nachweisen. Die Verschiebung nach der helleren Seite der Scala, die das Blau erfährt, wenn der Raum verdunkelt und das Auge adaptirt

[1] Der Grund dieser Einschränkung ist klar. Setzen wir nämlich den Fall, wir besässen ein farbiges — etwa blaues — Pigment, dessen Weissvalenz = 0 wäre, ferner ein Pigmentschwarz, das absolut kein Licht aussendet. Das blaue Pigment würde dann, wenn man es an Stelle eines beliebigen Sectors des Schwarz treten liesse, offenbar nicht mehr verdunkeln, was ja ganz absurd wäre. Wir brauchen übrigens nicht gerade diesen extremen Fall anzunehmen. Auch bei sehr geringer weisser Valenz wird die Wirkung eine analoge sein. Erst von einer gewissen Grösse der weissen Valenz an wird sich die verdunkelnde Wirkung des Blau geltend machen. Ähnliches gilt dann mutatis mutandis auch von den erhellenden Farben. Würde man die relative Grösse der weissen Valenz ermitteln, bei welcher jede einzelne Grundfarbe weder beim Wachsthum, noch bei der Abnahme der Sättigung etwas in der Helligkeit des Phänomens ändert, so wäre vielleicht damit eine Methode gefunden zu absoluten Bestimmungen der specifischen Helligkeiten zu gelangen.

wird, ist um so grösser, ein je gesättigteres Blau man wählt. Verschiebt sich nun ein gewisses Blau stärker als ein bestimmtes Grün, so kann der Grund entweder darin liegen, dass die specifische Helligkeit des Blau eine geringere oder aber dass das Pigment gesättigter ist. Um also einen Schluss auf die geringere specifische Helligkeit des Blau machen zu dürfen, müsste man den Einfluss des Sättigungsgrades eliminiren können, man müsste ein Mittel haben die Sättigung der Empfindung zu messen. Ein solches Mittel ist aber bis jetzt nicht gefunden worden; und so lässt sich vorläufig nicht exact entscheiden, ob Blau dunkler ist als Grün oder umgekehrt und ebenso bei Gelb im Vergleich mit Roth.[1]

Nur so viel scheint also sicher, dass das Farbenpaar Roth und Gelb specifisch heller ist als das Farbenpaar Blau und Grün. Dieses Verhalten der vier Grundfarben lässt sich durch das ganze Continuum der Spectralfarben verfolgen. Zu dem Ende habe ich zunächst die Curve der weissen Valenzen der einzelnen homogenen Lichter eines gewissen dioptrischen Spectrums construirt. Das kreisrunde Gesichtsfeld des dazu verwendeten Spectralapparates mit gerader Durchsicht war zur Hälfte von farblosem Licht ausgefüllt, dessen Helligkeit durch Verengung oder Erweiterung eines Spaltes beliebig geregelt werden konnte.

---

[1] Sollte ich auf Grund blosser Schätzung ein Urtheil darüber aussprechen, so würde ich Gelb für heller als Roth, Blau für dunkler als Grün bezeichnen, jedoch ersteres mit grösserer Zuversicht: das von mir verwendete rothe Pigment scheint mir nämlich entschieden gesättigter als das gelbe und dennoch zeigt ersteres bei dem Versuche mit der Scala eine kleinere, in einzelnen Fällen gleich grosse, nie aber grössere Verschiebung nach der dunkleren Seite der Scala, sobald die Beleuchtung herabgesetzt und das Auge adaptirt wird. Auch fallen die Urtheile von Laien immer in unserem Sinne aus. Goethe, den ich, soweit es auf die blosse Beschreibung eines unmittelbaren Eindruckes ankommt, wohl als Gewährsmann betrachten darf, nennt Gelb „die nächste Farbe am Licht"; „sie steigere sich", heisst es ein andermal „durch Verdichtung und Verdunklung" ins Röthliche etc. In Bezug auf Blau und Grün kann ich aus dem Unterschiede in der Verschiebung auf der Scala keinen Schluss ziehen, da das benützte grüne Pigment ungleich weniger gesättigt war als das blaue. Dennoch würde ich nach dem unmittelbaren Eindruck, den Pigmente von ähnlicher Sättigung machen, Grün für heller erklären: dazu stimmt das Urtheil der weit überwiegenden Majorität und auch die Ansicht Goethe's. Doch lege ich dieser Schätzung wenig Werth bei.

Die andere Hälfte der Gesichtsfeldes konnte man durch Drehung des Prismas (mit Hilfe einer Mikrometerschraube) mit jeder beliebigen Spectralfarbe ausfüllen.

Der Collimatorspalt empfing sein Licht von einem Schirm aus weissem Barytpapier; der Spalt für das farblose Licht wurde von dem Spiegelbild des Barytschirmes beleuchtet; man macht sich auf die Weise von den etwaigen Änderungen der Tagesbeleuchtung unabhängig, da diese in gleichem Masse beide Theile des Gesichtsfeldes treffen.

Wie bereits früher erwähnt, muss das beobachtende Auge durch längeren vollständigen Verschluss für farbloses Licht stark empfindlich gemacht und auch zwischen je zwei Beobachtungen immer wieder ausgeruht werden, was am besten erreicht wird, wenn der Experimentirende in einer kleinen Dunkelkammer sitzt, in welche das Ocular des Apparates hineinragt. Ein runder Ausschnitt, der mit einem schwarzen Ärmel versehen war, ermöglichte es dem Beobachter, die eine Hand ausserhalb des Kastens zu bewegen und so die Helligkeitseinstellungen selbst zu machen. Die Drehung des Prismas und die Ablesungen mussten von einem Gehilfen besorgt werden. Der Versuch wurde nun in der Weise ausgeführt, dass der Beobachter für eine möglichst grosse Anzahl von Stellungen des Prismas Gleichungen zwischen der objectiv farbigen und farblosen Hälfte des Sehfeldes herstellte. Wie bereits bemerkt, werden unter den obwaltenden Umständen die Farben des Spectrums farblos gesehen, als Weiss oder Grau von wechselnder Helligkeit. Indem nun der Beobachter das Quantum des farblosen Lichtes durch Änderung des betreffenden Spaltes variiren kann, ist er im Stande für jede Stellung des Prismas eine vollständige Gleichung zwischen beiden Sehfeldhälften herzustellen. Hienach wird also die Weite des Spaltes für das farblose Licht, sobald beide Felder gleich gemacht worden sind, als Mass für die weisse Valenz der betreffenden Spectralfarbe gelten können.

In ganz ähnlicher Weise lässt sich auch die Helligkeitscurve des Spectrums bestimmen; man braucht nur die vorhergehende Adaptation des Auges zu unterlassen, und die Beleuchtung zu erhöhen. Hiebei handelt es sich natürlich nicht um eigentliche Gleichungen, sondern nur darum, für jede einzelne Spectralfarbe

jenes Grau oder Weiss zu finden, welches mit ihm gleich hell erscheint, was bekanntlich bis zu einem gewissen Grade möglich ist. Im Übrigen wird vorgegangen wie bei der Bestimmung der weissen Valenz.[1]

In der beiliegenden Tafel stellt die Curve I die weissen Valenzen, die Curve II die Helligkeiten der einzelnen Lichter eines und desselben dioptrischen Spectrums bei diffuser Tagesbeleuchtung dar.[2]

Der Vergleich beider Curven bestätigt — wie wir sogleich sehen werden — die nach den früheren Methoden gewonnenen Resultate. Ehe ich die Curven discutire, möchte ich aber noch auf zwei Punkte aufmerksam machen.

1. Die Gestalt der Curven hängt von individuellen Versuchsbedingungen ab (Dispersion, Zusammensetzung des vom Barytpapier ausgesandten Lichtes). Da es uns jedoch hier nur auf den Vergleich beider Curven ankommt, und die eben genannten Bedingungen für beide Spectren dieselben waren, so leidet die Allgemeingiltigkeit der aus dem Vergleiche gezogenen Schlüsse darunter keineswegs. Desshalb habe ich auch die Reduction auf das Interferenzspectrum unterlassen.

2. Die objective Beleuchtungsintensität musste für die Curve der weissen Valenzen nothwendig eine etwas andere sein, als für die Helligkeitscurve; dies gilt sowohl für die Beleuchtung des objectiv farbigen, wie des farblosen Theiles des Sehfeldes. Daraus geht schon hervor, dass ein directer Vergleich zweier homologer Ordinaten, die verschiedenen Curven angehören, nicht statthaft ist. Gleichwohl dürfen die Formen beider Curven, die Lagen der Maxima, die Arten des Auf- und Absteigens beider Äste mit einander verglichen werden, denn hier handelt es sich nur um den Vergleich von Relationen.

Dabei fällt nun vor Allem auf, dass das Maximum der Helligkeitscurve gegen das weniger brechbare Ende des Spec-

[1] Ich habe sowohl hier wie bei der Curve der weissen Valenzen für jede einzelne Prismenstellung mehrere Einstellungen gemacht — mindestens drei, wo diese zu sehr von einander differirten, bis zu zehn — und daraus den Durchschnitt gerechnet.

[2] Die Einknickungen in den Curven sind auf Rechnung von Beobachtungsfehlern zu setzen, die trotz der grösseren Übung — ich hatte vor den mitgetheilten etwa zehn Curven ermittelt — nicht ganz zu vermeiden waren.

trums hin verschoben ist; es liegt im Gelb, während die Curve der weissen Valenzen im Grün ihren Höhepunkt erreicht. Dies erklärt sich ganz leicht aus unserer Annahme, dass die specifische Helligkeit des Grün eine viel geringere ist als die des Gelb, dass sonach das wachsende Auftreten des ersteren ein Dunklerwerden der Empfindung zur Folge hat, das des letzteren eine Erhellung.[1] Im Orange wirken die specifischen Helligkeiten der Partialempfindungen (Roth und Gelb) im gleichen Sinne (also erhellend), ganz übereinstimmend mit dem steileren Ansteigen der Helligkeitscurve; dem spectralen Roth entsprechen in der Helligkeitscurve relativ grössere Ordinaten als in der Curve der weissen Valenzen, und zwar kommt hier die specifische Helligkeit des Roth desshalb ganz besonders zur Geltung, weil, wie schon Hering betont hat, die weisse Valenz spectralrother Lichter eine sehr geringe ist. Im entgegengesetzten Sinne wie bei Roth und Gelb äussert sich die specifische Helligkeit bei Grün und Blau. Dass der Stelle des Maximums in der Curve der weissen Valenzen eine relativ kleine Ordinate in der Helligkeitscurve entspricht, wurde bereits hervorgehoben. Dasselbe Verhalten zeigen die beiden Curven im weiteren Verlauf ihrer absteigenden Äste: stets haben die Ordinaten der Helligkeitscurve geringere relative Grösse als in der Curve der weissen Valenzen. Die Differenzen werden gegen das brechbarere Ende zu kleiner, da einerseits das im Violett enthaltene Roth die verdunkelnde Wirkung des Blau zum Theil aufhebt, anderseits die Sättigung der Empfindung hier so gering wird, dass die specifische Helligkeit der Farbe für die Gesammthelligkeit des Phänomens immer mehr an Bedeutung verliert, bis schliesslich, wenn die Farbe aufhört merklich zu sein, beide Curven in Eine

---

[1] Wie ich in der Anmerkung zu S. 105 erwähnt habe, kann die specifische Helligkeit sich in dieser Weise nur äussern, wenn die weisse Valenz des betreffenden Lichtes innerhalb gewisser Grenzen liegt. Diese Einschränkung, die ich in allen Fällen, wo ich schlechtweg von einem verdunkelnden, resp. erhellenden Einfluss des im eigentlichen Sinne farbigen Theiles einer Empfindung spreche, gegenwärtig zu halten bitte, bezieht sich natürlich nicht auf die Allgemeingiltigkeit des Satzes von den verschiedenen specifischen Helligkeiten, sondern nur auf deren Wirkung auf die Helligkeit des Gesammtphänomens.

zusammenlaufen. Bis zum äussersten Ende des Roth hingegen ist der Vergleich desswegen nicht durchzuführen, weil die weissen Valenzen bereits viel früher so gering werden, dass keine Unterschiede mehr erkennbar sind; die entsprechende Curve würde somit wegen der geringen Unterschiedsempfindlichkeit, die für so hohe Grade von Dunkelheit besteht, keine thatsächliche Bedeutung haben.

Ich füge diesen beiden Curven zwei weitere bei,[1] die ich bei Gaslicht bestimmt habe. Obwohl von den bei Tageslicht ermittelten verschieden — entsprechend der verschiedenen physikalischen Zusammensetzung des Gaslichtes — zeigen sie doch, mit einander verglichen, ein ähnliches Verhalten wie die bei diffusem Tageslicht construirten.

Wie nun die mit normalem Farbensinn Begabten (Farbentüchtigen), bei herabgesetzter Beleuchtung und genügender Adaptation, von sämmtlichen Spectralfarben nur deren farblose Antheile empfinden, so gilt dies, bei beliebigem Beleuchtungsgrad und beliebiger Stimmung des Sehorgans, für die partiell Farbenblinden in Bezug auf diejenigen Qualitäten, durch deren Mangel sie sich eben von den Farbentüchtigen unterscheiden. Man kann sich leicht davon überzeugen, dass die Gleichung, die ein Rothgrünblinder zwischen Roth und Grau bildet, ungefähr mit der entsprechenden Weissvalenzbestimmung (Adaptationsgleichung) des Farbentüchtigen übereinstimmt; nur ungefähr natürlich, da sich unter den Farbenblinden ebensowohl wie unter den Farbentüchtigen individuelle Verschiedenheiten zeigen müssen, die durch die verschiedenen chromatischen Absorptionsverhältnisse in den brechenden Medien des Auges und in der macula lutea bedingt sind.[2]

Soweit es sich nun um Roth und Grün handelt, muss die Helligkeitscurve des Farbenblinden mit der Curve der weissen Valenzen, wie sie für einen Farbentüchtigen (bei gleichen chromatischen Absorptionsverhältnissen im Auge) gilt, annähernd stimmen. Wir werden also erwarten, dass die Ordinaten der

---

[1] Die Curven III und IV.

[2] Vergl. Hering, „Über individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes" im naturw. Jahrb. „Lotos", Neue Folge, VI. Bd.

Curve im Roth eine geringere, im Grün eine gesteigerte relative Grösse besitzen, verglichen mit den entsprechenden Ordinaten in der Helligkeitscurve des Farbentüchtigen.

In der That ist dies auch der Fall, wie sich aus der Betrachtung der Curven V und VI ergibt, die Herr stud. med. Otto K., ein Rothgrünblinder (und zwar von der Varietät der sog. „Rothblinden") zu ermitteln so freundlich war. Die erste der beiden Curven ist bei diffusem Tageslicht construirt und muss demnach mit der für mich giltigen Curve II verglichen werden, die zweite, bei Gaslicht construirte, ist mit meiner Curve IV zu vergleichen. Im Roth fehlt Herrn K. ein erhellender, im Grün ein verdunkelnder Factor, daher seine Helligkeitscurve verglichen mit der meinigen schon aus diesem Grunde, also abgesehen von etwaiger Verschiedenheit der Absorptionsbedingungen im Auge, an der ersteren Stelle niedriger, an der letzteren etwas höher ist, also in Bezug auf diese beiden Stellen eine Abweichung von meinen Helligkeitscurven im selben Sinne zeigt, wie meine Weissvalenzcurven (I und III). Bei einem total Farbenblinden würde die Helligkeitscurve ohne Zweifel mit der Curve der weissen Valenzen, wie sie für den Farbentüchtigen gilt, zusammenfallen (gleiche Absorptionsverhältnisse vorausgesetzt).

Anmerkung. Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, dass, wenn ich hier von Helligkeitscurven spreche, ich keineswegs Curven der specifischen Helligkeiten der einzelnen Farbentöne meine, sondern nur Curven der Gesammthelligkeiten, die sich also aus den specifischen Helligkeiten der einzelnen Farbentöne und aus den gleichzeitig mit ihnen gegebenen Helligkeiten der farblosen Partialempfindungen zusammensetzen, welch' letztere durch die weissen Valenzen zwar mitbestimmt, doch aber nicht allein von ihnen, sondern auch von den Sättigungsgraden (an denen ja auch das Schwarz theilhat) abhängig sind.

III. Verhältniss der vorstehenden Beobachtungen zur Young-Helmholtz'schen Dreifasertheorie und zu Hering's Theorie der Gegenfarben.

Die mitgetheilten Untersuchungen sind insofern unabhängig von irgend einer der bestehenden Farbentheorien, als sie sich lediglich auf die analysirende Beschreibung der jedermann — sofern er nur mit normalem Farbensinn ausgestattet ist —

zugänglichen Phänomene beschränken, ohne Rücksicht auf etwaige Hypothesen ihrer Entstehung. Der Weg, den ich dabei betreten, die rein phänomenale Analyse der Gesichtsempfindungen, das völlige Abstrahiren von Eigenschaften und Beziehungen der physikalischen Antecedentien und der daran geknüpften physiologischen Vorgänge ist, wie man sieht, kein anderer als die von Kries verschmähte „subjective Methode“, dieselbe, der sich Hering mit Erfolg bedient hat. Wenn ich dem letztgenannten Forscher hierin folge, so thue ich dies, weil mir überhaupt keine andere Methode zum Ziele zu führen scheint; für seine Theorie von der Entstehung der Gesichtsempfindungen ist jedoch dadurch nichts präjudicirt.

Dies schliesst natürlich nicht aus, dass die vorliegenden Untersuchungen mit einer Theorie vereinbar sind, mit einer andern in Widerspruch stehen ;ja gerade die Unabhängigkeit des Raisonnements verleiht ihnen die Kraft mit zur Entscheidung für die eine oder andere beizutragen.

Von den ins Einzelne durchgeführten Farbentheorien erfordern heute nur zwei besondere Berücksichtigung: die Theorie der Gegenfarben, die Hering aufgestellt hat, und die sogenannte Dreifasertheorie, die von Thomas Young erfunden, von Helmholtz der Vergessenheit entrissen und auf die bis dahin bekannten Erscheinungen im Gebiete der Farbenempfindungen angewendet wurde. Keine der beiden Theorien stützt sich auf anatomisch nachgewiesene Thatsachen und auf physiologisch erkannte Functionen — woraus ihnen natürlich kein Vorwurf erwächst —, keine kann daher auch ihre Rechtfertigung in etwas Anderem als in der Erklärung der bekannten Phänomene finden.

Wir wollen am Schlusse dieser Arbeit einen prüfenden Blick auf beide Theorien werfen, inwieweit jede von ihnen den mitgetheilten Thatsachen Rechnung zu tragen im Stande ist.

Wir haben gefunden, dass die scheinbare Helligkeit einer Farbe (eines farbigen Lichtes) nicht bloss von der Grösse ihrer weissen und ihrer farbigen Valenz abhängt, sondern auch von der specifischen Helligkeit des dieser farbigen Valenz entsprechenden Farbentones. Es zeigte sich, dass sich die weisse Valenz einer objectiven Farbe messen lässt, wenn wir die Empfindlich-

keit des Sehorganes für diese weisse Valenz so hoch steigern, dass in der Gesammtempfindung der farbige Bestandtheil vom farblosen völlig übertönt wird, daher jetzt eine Gleichung zwischen dem Pigmentlicht und einem von vornherein farblos erscheinenden Lichte möglich wird. Weiter zeigte sich, dass, wenn wir durch passende Vermischung eines farblosen Lichtes mit einem farbigen die farbige Valenz des objectiven Mischlichtes vergrösserten, während wir die weisse Valenz constant erhielten, die Helligkeit des Gemisches je nach dem Tone der Farbe grösser (Gelb und Roth), oder kleiner (Blau und Grün) wurde. Diese Verschiedenheit des Helligkeitseffectes drängte dann zur Annahme einer verschiedenen specifischen Helligkeit, welche Annahme durch den Vergleich der spectralen Helligkeits- und Weissvalenzcurven sowie durch die Betrachtung der für Rothgrünblinde bestehenden Helligkeitscurven durchaus bestätigt wurde.

Den Resultaten unserer Untersuchung kann eine Hypothese für die Entstehung der Farbenempfindungen nur dann gerecht werden, wenn sie annimmt, dass die sogenannten farblosen Empfindungen (Weiss, Grau, Schwarz) relativ unabhängig von den Farbenempfindungen im engeren Sinne hervorgebracht werden können; sei es, dass sie Functionen einer gesonderten Substanz sind, sei es, dass sie durch eine heterogene Function derselben Substanz erzeugt werden.

Vor Allem ist es die gesonderte Erregbarkeitsänderung für Weiss, die eine solche Annahme fordert; diese Thatsache kann von keiner Hypothese erklärt werden, welche die Entstehung der farblosen Empfindungen aus dem Zusammenwirken von Processen herleitet, die, wenn sie einzeln auftreten, Farbenempfindungen (im engeren Sinne) auslösen würden (Young-Helmholtz'sche Theorie). Denn einer solchen Theorie zufolge müsste sich ja, wenn das Organ durch längere Zeit von jeder Einwirkung objectiven Lichtes geschützt wird, die Erregbarkeit aller Farben empfindenden Nerven in gleichem Masse steigern; wird das Auge dann der Wirkung schwacher farbiger, etwa grüner Lichtstrahlen ausgesetzt, so erregen diese infolge der gesteigerten Erregbarkeit in hohem Masse eine gewisse Art von Fasern, hier also die grünempfindenden, in relativ geringem die übrigen; es wären somit durchaus günstige Bedingungen für das

Entstehen der Empfindung Grün gegeben, während doch der Versuch zeigt, dass gerade das Gegentheil der Fall ist.

Wie dies vom Standpunkt der Theorie der Gegenfarben erklärt werden muss, ist leicht einzusehen. Da nämlich ihr zufolge jede Art von Lichtstrahlen auf die schwarzweisse Substanz dissimilirend wirkt, befindet sich diese bei Tage — wenn man das Organ nicht eigens ausruhen lässt — stets im Zustand einer herabgesetzten Dissimilirungsdisposition, d. h. es ist ein grösserer weisser Reizwerth erforderlich, um eine Weissempfindung von bestimmtem Gewicht zu erzeugen, als wenn durch längeren Ausschluss von objectivem Licht die *D*-Disposition (Erregbarkeit für weissen Lichtreiz) gesteigert ist. Während also die weissempfindende Substanz bei Tage immer mehr oder minder „ermüdet“ ist, gilt im allgemeinen nicht dasselbe von den farbigempfindenden Sehsubstanzen, da sich dem herumschweifenden Blicke alle möglichen Farben bieten und also die Veränderung, welche die eine Farbe in der bezüglichen Sehsubstanz herbeiführt, durch die Wirkung der Gegenfarbe wieder ausgeglichen wird. Eine wesentliche Änderung der Erregbarkeitsverhältnisse der farbigempfindenden Substanzen wird also auch im hellbeleuchteten Raume solange nicht eintreten können, als nicht in dem Lichte desselben irgend eine farbige Valenz überwiegend vertreten ist.

Für die Erregbarkeit der rothgrünen und blaugelben Substanz ist also der Aufenthalt im Dunklen ohne wesentliche Bedeutung, nicht so für die schwarzweisse. Demnach hat — gleichen Reiz vorausgesetzt — das Weiss einen grösseren Antheil an der Gesammtempfindung, wenn das Auge längere Zeit ausgeruht war; ja sein Antheil kann so überwiegend werden, dass die Farbenempfindung im engeren Sinne unter der Schwelle bleibt.

Soll die Erregbarkeit für eine bestimmte Farbe, etwa für Roth gesteigert werden, so muss man jedoch andere Bedingungen für die betreffende Substanz, hier also für die rothgrüne, schaffen, wie im vorerwähnten Falle für die schwarzweisse. Wegen der überwiegenden Grösse der schwarzweissen Substanz genügt es, letztere ins „autonome“ Gleichgewicht[1] zwischen *D* und *A* zu bringen, wenn man ihre Erregbarkeit so steigern will, dass neben

[1] Darunter ist das Gleichgewicht zwischen der ohne äussere Reize vor sich gehenden Dissimilation und Assimilation zu verstehen.

ihr die Farbenempfindungen unter der Schwelle bleiben oder doch überhaupt einen geringen Antheil an der Gesammtempfindung haben. Die farbigempfindenden Substanzen hingegen schwanken zwar in Folge der Erregungen durch die verschiedenen farbig wirkenden Lichter, wie sie von den Gegenständen unserer Umgebung in stetem Wechsel zum Auge gelangen, beständig um ihr autonomes Gleichgewicht, erfahren aber dabei nie eine wesentliche Änderung ihrer Werthigkeit und müssen daher durch äussere *A*- oder *D*-Reize in Bezug auf ihre *D*- respective *A*-Disposition gehoben werden, um einen höheren Grad von *D*- beziehungsweise *A*-Erregbarkeit zu erlangen; mit anderen Worten: man muss, um einer gewissen Farbe mehr Geltung zu verschaffen, vorher die Gegenfarbe wirken lassen. Es wäre in sich unrichtig und der Theorie der Gegenfarben, wie sie Hering aufgestellt, zuwider, wenn man sagte: das Schwarz des verdunkelten Raumes disponirt die schwarzweisse Substanz ebenso zur Weissempfindung, wie die Wirkung rother Strahlen die rothgrüne Substanz zur Grünempfindung disponirt. In sich unrichtig: denn das Dunkel des Raumes wirkt gar nicht; mit Hering's Theorie in Widerspruch: denn die schwarzweisse Substanz ist nach genügendem Aufenthalte im Dunkel im autonomen Gleichgewicht, die rothgrüne hingegen nach längerer Einwirkung rothen Lichtes nicht. da ihre *D*-Disposition herabgesetzt und sie für *A*-Reize erregbarer ist.[1]

Die Dreifasertheorie hatte, wie wir gesehen haben, für die Thatsache einer gesonderten Erregbarkeitsänderung für weissen Lichtreiz keine Erklärung.

Weiter ist sie aber auch nicht im Stande über die Thatsache Auskunft zu geben, dass die Helligkeit eines durch Mischung complementärer Farben erzeugten Grau durch die weissen Valenzen der gemischten Lichter vollkommen bestimmt wird. Wir haben, um den Gang der Untersuchung nicht zu unterbrechen, darauf noch nicht hingewiesen. Ich will dieses Factum jetzt erwähnen, da es für die Theorie der Gegenfarben entscheidend ist.

Bekanntlich erzeugen dieser letzteren Theorie zu Folge complementär gefärbte Lichter desshalb nur farblose Empfindung,

[1] Vgl. Hering: „Zur Theorie der Vorgänge in der lebendigen Substanz" im naturw. Jahrb. „Lotos" Bd. IX, 1888.

weil sie sich in Betreff ihrer Wirkung auf die farbigempfindenden Substanzen aufheben.[1]

Der Theil der Sehsubstanz also, dessen Änderungen Farbenempfindungen zur Folge haben, wie sie durch jede einzelne der zwei complementären Strahlenarten entstehen würden, bleibt in Ruhe, ähnlich wie ein Punkt in Ruhe bleibt, auf den zwei gleiche und entgegengesetzte Kräfte wirken. Da aber jede Art von farbigen Lichtstrahlen auch auf jene Substanz wirkt, an deren Veränderung die farblosen Lichtempfindungen geknüpft sind, so werden complementäre Lichter bei gleichzeitiger Einwirkung auf das Sehorgan nicht einfach ohne Wirkung auf dasselbe sein, sondern es wird die Wirkung auf die schwarzweisse Sehsubstanz übrig bleiben, die sich in der Empfindung als Grau äussert. In diesem Sinne sagt Hering: „Zwei objective Lichtarten, welche zusammen Weiss geben, sind also nicht als „complementäre", sondern als antagonistische Lichtarten zu bezeichnen, denn sie ergänzen sich nicht zu Weiss, sondern lassen dieses nur rein hervortreten, weil sie als Antagonisten sich gegenseitig ihre farbige Wirkung unmöglich machen."[2]

Ist Hering's Ansicht richtig, so muss es für den Effect offenbar gleichgiltig sein, ob zwei complementäre Farben gemischt werden, oder ob man an Stelle jeder der beiden Farben ein Grau von gleicher Weissvalenz treten lässt. Denn wenn zwei Lichter in Bezug auf ihre farbigen Valenzen sich in ihrer Wirkung auf die Empfindung aufheben, so kann es für die letztere nichts ändern, wenn man die farbigen Valenzen gleich von vornherein ausschliesst.

Diese nothwendige Consequenz aus der Theorie der Gegenfarben wird durch das Experiment in unzweifelhafter Weise bestätigt. Ich habe zu diesem Behufe vermittels der bereits mehrfach erwähnten Helligkeitsscala für jede der verwendeten Farben dasjenige Grau ermittelt, welches mit der betreffenden Farbe gleiche weisse Valenz hatte. Zugleich hatte ich für jede Stufe der Scala eine ihr vollkommen

---

[1] Mit Rücksicht auf die entgegengesetzten Processe, die sie erzeugen, wenn jedes für sich wirkt, nennt sie Hering „antagonistisch".

[2] Hering „Zur Lehre vom Lichtsinne", VI. Mittheilung, §. 42, S. 121.

gleiche graue Scheibe ausschlagen lassen.[1] (Dieselben waren kleiner als die farbigen Scheiben, wie ich sie sonst zu Versuchen am Kreisel verwendete.) Zunächst wurde nun aus zwei oder mehr Farben ein Grau gemischt, sodann wurden auf die farbigen Scheiben ebensoviel kleinere graue aufgesetzt, und zwar in der Weise, dass auf jedem farbigen Sector ein gleich grosser grauer Sector zu liegen kam, der mit dem entsprechenden farbigen in Bezug auf die Weisswirkung äquivalent war und ihn theilweise deckte. Beide Mischungen waren einander vollkommen gleich.[2]

In der That tritt also das Grau nur als Restphaenomen hervor.

Dieses Verhalten steht mit der Theorie von Helmholtz zwar nicht in Widerspruch, es lässt sich aber aus ihr in keiner Weise erklären.

Unvereinbar mit ihr ist hingegen die verschiedene specifische Helligkeit der Farben. Die Annahme, dass „in den drei Arten von Nerven die Empfindungsstärke eine verschiedene Function der Lichtstärke sei",[3] führt, zusammengehalten mit den übrigen

---

[1] Ich habe durch einen Lithographen die Übergänge zwischen Schwarz und Weiss in etwa 40 Stufen herstellen lassen. Aus jedem der einzelnen Papiere wurde ein Streifen zur Anfertigung der Scala und eine Scheibe für Mischungsversuche geschnitten.

[2] Für das Gelingen dieses Versuches ist es sehr wesentlich, dass er unter genau denselben Reflexionsverhältnissen gemacht werde, welche bei der Bestimmung der weissen Valenz bestanden. Man wird also, ob man nun die letztere mit der Kreiselmethode oder mit Hilfe der Scala ausführt (die Resultate stimmen ja überein), die Lage der Lichtquelle, die der Pigmente und der Scala, sowie die Stellung des Kopfes — letztere mittels eines Kopfhalters — fixiren. Macht man dann den oben beschriebenen Versuch, so müssen die Scheiben des Kreisels genau an den Ort der Scala (beziehungsweise der zur Weissvalenzbestimmung benützten Scheiben) treten, vor Allem in derselben Ebene liegen wie diese, während der Ort der Lichtquelle und des Kopfes unverändert bleibt. Indem ich anfangs diese Cautelen ausser Acht liess, brachte ich nie eine vollständige Gleichung zwischen der Mischung der farbigen Sectoren und jener der grauen von gleicher Weissvalenz zu Stande, da ich vor allem die Scala in horizontaler Lage verwendete, während die Scheiben des Kreisels aufrecht standen. Sorgte ich aber für möglichste Gleichheit aller Versuchsumstände, so stimmten beide Gemische vollkommen überein.

[3] Physiol. Opt. S. 320.

Voraussetzungen, die diese Theorie macht, zu Consequenzen, die der Erfahrung widersprechen; so vor allem zu der Annahme, „dass das Sonnenlicht, welches wir bei Tage als das normale Licht betrachten, selbst bei verschiedener Lichtstärke in ähnlicher Weise seine Farbe ändern muss, wie die andern weissen oder weisslichen Farbenmischungen, mit denen wir es vergleichen“.[1] Dies mag wohl zur Erklärung dienen, warum complementäre Mischungen bei beliebiger Steigerung oder Abschwächung der Beleuchtung weiss (beziehungsweise grau) zu sein scheinen, indem das verglichene Weiss analoge Änderungen des Tones durchmacht und nur in Folge einer Täuschung immer für Weiss gehalten wird. Die nothwendige Consequenz aber wäre, dass zwei Theile einer weissen Pigmentfläche, die durch verschiedene Neigung gegen das Sonnenlicht sehr verschieden stark beleuchtet werden, denn doch eine Verschiedenheit des Farbentones erkennen lassen müssten, da der unmittelbare Vergleich eine Täuschung solcher Art, wie sie Helmholtz hier annimmt, ausschliessen müsste; und zwar insbesondere dann, wenn das ganze übrige Gesichtsfeld verdunkelt ist, also die Vergleichung mit andern sichtbaren Dingen unmöglich wird, und es eine sogenannte „allgemeine Beleuchtung“ des Gesichtsfeldes nicht gibt. Ausserdem würden sich die beiden Farbentöne (Gelb und Blau) durch den Contrast gegenseitig heben. Von alldem zeigt das Experiment nichts.[2] Die Annahme also, dass für verschiedene Farben die „Intensität“ der Empfindung eine verschiedene Function der Lichtstärke sei, genügt unter Voraussetzung der Young'schen Theorie offenbar nicht. (Ich will ganz

[1] L. c. p. 319.

[2] Man überzeugt sich davon leicht, wenn man auf die Platten des S. 85. beschriebenen Apparates je eine mit weissem Barytpapier überzogene Glastafel legt und die Platten so stellt, dass die eine möglichst günstig, die andere hingegen schwach beleuchtet wird. Setzt man überdies zwischen jedes Auge und das entsprechende Loch des Kastens eine Röhre, so kann von einer „allgemeinen Beleuchtung“ nicht die Rede sein. Somit könnte die von Helmholtz angenommene Täuschung nicht zu Stande kommen, und der sichtbare Theil der stark beleuchteten Platte müsste gelb, der der schwach beleuchteten violett (oder blau) erscheinen. Keines von beiden ist jedoch der Fall; man sieht nichts anderes als zwei farblose Scheiben von verschiedener Helligkeit.

absehen von dem Umstand, dass es nach den mitgetheilten Thatsachen eine Curve für Blau sein müsste, die am raschesten ansteigt und nicht für Violet).

Auch die angeführten Helligkeitscurven der sogenannten Rothblinden sind vom Standpunkte der Helmholtz'schen Theorie nicht vollkommen zu discutiren. Wie erklärt es sich z. B., dass das Maximum dieser Curven nahezu an derselben Stelle des Spectrums liegt wie beim Farbentüchtigen, nämlich im Gelb? Wenn die Empfindung dieser Farbe wirklich durch eine mässig starke Erregung der roth- und grünempfindenden Fasern bei schwacher Erregung der violettempfindenden erzeugt wird,[1] müsste nicht der Ausfall der rothempfindenden Fasern einen abschwächenden Einfluss auf die „Intensität“ des Gelb ausüben? Ich übergehe alle Einwände, die sich aus dem Factum der gleichzeitigen Grünblindheit ergeben, ist doch diese Thatsache an und für sich geeignet, die Dreifasertheorie zum mindesten höchst unwahrscheinlich zu machen.[2]

Die Theorie der Gegenfarben erklärt nicht nur den wechselnden Einfluss der Weisslichkeit auf die Helligkeit eines bestimmten Farbentones, wie wir gesehen haben; sie bietet auch Mittel uns von der verschiedenen specifischen Helligkeit Rechenschaft zu geben. Die Empfindung Weiss entsteht dieser Theorie zufolge durch einen Process der Dissimilation in der schwarzweissen Substanz. Dissimilationsprocesse finden auch in den beiden übrigen Substanzen, der rothgrünen und blaugelben, statt, wobei es zunächst unentschieden bleibt, welches Glied jeder der beiden Farbenpaare durch Dissimilation, und welches durch Assimilation erzeugt wird. Nehmen wir aber an, Roth und Gelb seien Dissimilationsfarben, Grün und Blau Assimilationsfarben, so erscheint auch die grössere specifische Helligkeit der beiden erstgenannten verständlich.

Wenngleich nämlich assimilirende sowohl als dissimilirende Lichtstrahlen durch ihre Einwirkung auf die farbig empfindende Substanz sofort auch die A-Disposition, beziehungsweise die

[1] Physiol. Opt. S. 291.

[2] Vgl. Hering: „Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben“ im „Lotos“ neue Folge, I. Bd. §. 5.

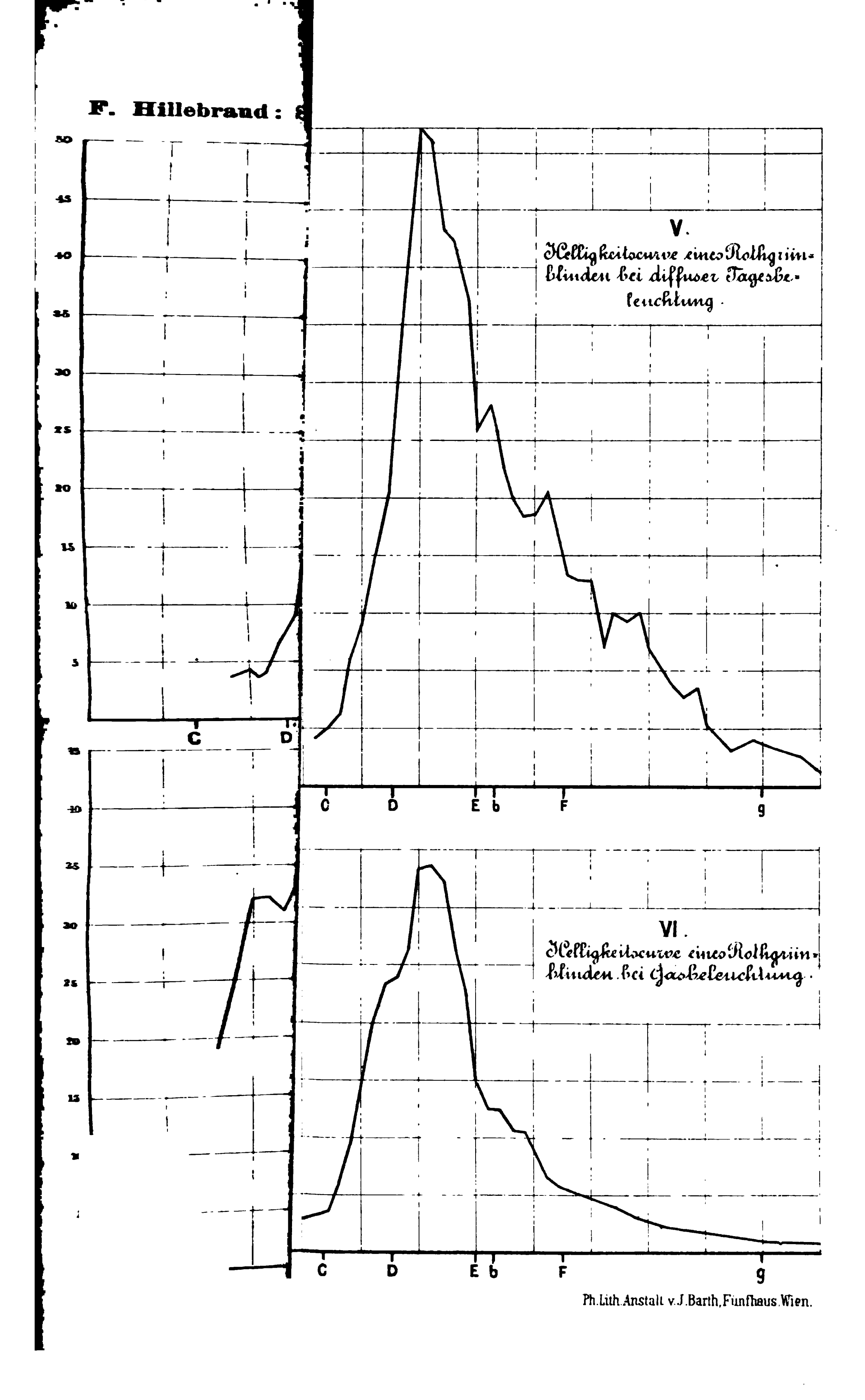
D-Disposition herabsetzen, und so die einen wie die andern nach längerer Reizung einen Zustand herbeiführen, in welchem die diesen Processen entsprechenden Farben gar nicht mehr über die Schwelle treten,[1] so besteht doch ein wesentlicher Unterschied in den nervösen Vorgängen, je nachdem ein solcher Zustand durch einen *A*-Reiz oder *D*-Reiz herbeigeführt wird. Die durch einen *D*-Reiz erzeugten Dissimilirungsproducte werden nämlich auf Kosten der irritablen Substanz gebildet, deren Quantität sie mithin vermindern — von den qualitativen Änderungen hier ganz abgesehen —; wenn ein langandauernder *D*-Reiz daher auch nicht die Substanz zerstört, da sich, wie erwähnt, doch wieder ein erzwungener Gleichgewichtszustand etablirt,[2] so wirkt er doch erschöpfend, d. h. er hat für sich genommen die Tendenz, die nervöse Substanz zu vernichten, und würde dies auch thun, wenn ihm nicht die geminderte *D*-Disposition und die gesteigerte Assimilirung entgegenarbeiten würden. Diese erschöpfende Tendenz aber hat in Bezug auf die Empfindung ihren Ausdruck in einer grösseren Helligkeit. Wenn wir also in der Reihe der farblosen Empfindungen das die Helligkeit bestimmende Weiss als an die Dissimilirung geknüpft ansehen, so werden wir auch unter den farbigen Empfindungen die specifisch helleren als Dissimilationsempfindungen anzusehen haben. Auf diese Weise findet somit die Thatsache der verschiedenen specifischen Helligkeit ihren physiologischen Ausdruck.[3]

---

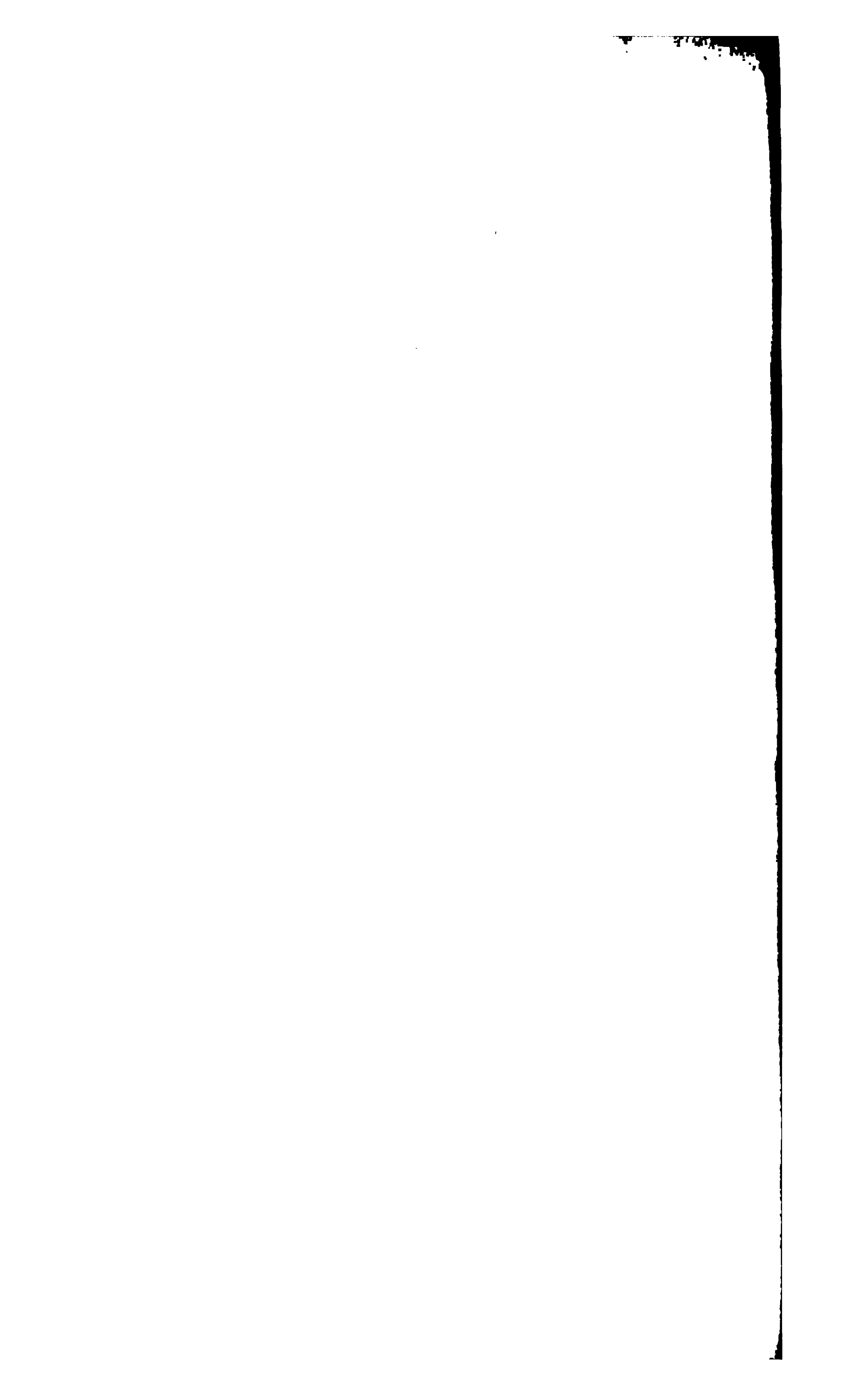
[1] Hering nennt diesen Zustand „allonomes Gleichgewicht". Ausführlich erklärt Hering diese Vorgänge in der kürzlich erschienenen Schrift „Zur Theorie der Vorgänge in der lebendigen Substanz" im naturw. Jahrb. „Lotos" Bd. IX.

[2] Hering bezeichnet darum diesen Vorgang als „innere Selbststeuerung". L. c. S. 10 des Sonderabdruckes.

[3] Dass Gelb und Roth mit Weiss, Blau und Grün mit Schwarz zu parallelisiren sind, hat Hering schon in seinen ersten Mittheilungen wiederholt angedeutet, insbesondere entschieden in §. 20, wo er sagt, dass in Bezug auf die Erscheinungen des Contrastes und der Induction „sich Schwarz zu Weiss verhält wie Blau zu Gelb und wie Grün zu Roth".



Ph. Lith. Anstalt v. J. Barth, Fünfhaus, Wien.



SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XCVIII. Band. III. Heft.

ABTHEILUNG III.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie, des Menschen und der Thiere; sowie aus jenem der theoretischen Medicin.

VII. SITZUNG VOM 14. MÄRZ 1889.

Der Secretär legt das erschienene Heft I (Jänner 1889) des X. Bandes der Monatshefte für Chemie vor.

Herr F. O. Le Cannellier, Schiffslieutenant und Mitglied der französischen Expedition nach Cap Horn, dankt für die geschenkweise Überlassung eines Exemplares des Werkes über die österreichische Jan Mayen-Expedition.

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. A. Bauer übersendet eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit des Assistenten an der k. k. technischen Hochschule Edmund Ehrlich, betitelt: „Zur Oxydation des β-Naphtols."

Herr Prof. Dr. G. Haberlandt übersendet zwei im botanischen Institute der k. k. Universität in Graz ausgeführte Arbeiten:

1. „Über Einkapselung des Protoplasmas mit Rücksicht auf die Function des Zellkernes", von Prof. G. Haberlandt.
2. „Zur Anatomie der Orchideen-Luftwurzeln", von Dr. Ed. Palla, Assistent dieses Institutes.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. „Über Raumcurven vierter Ordnung erster Art und die zugehörigen elliptischen Functionen", von Prof. Dr. G. Pick an der k. k. deutschen Universität in Prag.
2. „Über die Steiner'schen Mittelpunktscurven" (III. Mittheilung), von Dr. Karl Bobek, Docent an der k. k. deutschen technischen Hochschule in Prag.

3. „Zur Lehre der Fuchs'schen Functionen erster Familie" (II. Mittheilung), von Dr. Otto Biermann, Docent an der k. k. deutschen Universität in Prag.
4. „Über Dislocationserscheinungen in Polen und den angrenzenden ausserkarpathischen Gebiëten", vorläufige Mittheilung von Dr. J. v. Siemiradzki in Lemberg.

Herr Prof. Dr. Anton Grünwald an der k. k. technischen Hochschule in Prag übersendet ein versiegeltes Schreiben behufs Wahrung der Priorität, mit der Inhaltsangabe: „Ergebnisse meiner bisherigen vergleichenden Untersuchung der Spectren des Kobalts und Nickels."

Das w. M. Herr Prof. Dr. Friedrich Brauer in Wien übersendet ein geschlossenes Couvert zur Wahrung der Priorität, mit der Aufschrift: „Beitrag zur Systematik der Muscarien."

Das w. M. Herr Prof. E. Weyr überreicht eine Abhandlung des Regierungsrathes Prof. Dr. F. Mertens in Graz, betitelt: „Zum Normalenproblem der Kegelschnitte."

Ferner überreicht Herr Prof. Weyr eine Abhandlung von Dr. Jan de Vries in Kampen (Holland): „Über gewisse der allgemeinen cubischen Curve eingeschriebene Configurationen."

Das w. M. Herr Prof. C. Toldt überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Die Darmgekröse und die Netze im gesetzmässigen und im gesetzwidrigen Zustand." (Mit 17 Abbildungen.)

Das w. M. Herr Prof. Ad. Lieben überreicht eine aus Krakau eingesendete Abhandlung: „Über die Oxydation des Paraphenylendiamins und des Paramidophenols", von Dr. Ernst v. Bandrowski.

Das c. M. Herr Oberstlieutenant A. v. Obermayer überreicht eine Abhandlung: „Über einige elektrische Entladungserscheinungen und ihre photographische Fixirung", welche die Resultate einer von demselben in

Gemeinschaft mit Herrn Hauptmann Arthur Freiherrn v. Hübl unternommenen Untersuchung enthält.

Herr Gejza v. Bukowski in Wien überreichte eine Abhandlung unter dem Titel: „Grundzüge des geologischen Baues der Insel Rhodus."

Herr Dr. E. Grünfeld in Wien überreicht folgende zwei Abhandlungen:

1. „Über die ausserwesentlich singulären Punkte der linearen Differentialgleichungen n^{ter} Ordnung."

2. „Über die Form derjenigen Systeme homogener linearer Differentialgleichungen erster Ordnung, welche nur reguläre Lösungen zulassen."

Das Gleichungssystem:

Herr Dr. Friedrich Bidschof in Wien überreicht eine Abhandlung: „Bestimmung der Bahn des Planeten (175) Andromache".

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Die Venusdurchgänge 1874 und 1882. Bericht über die deutschen Beobachtungen, herausgegeben im Auftrage der Commission für die Beobachtungen der Venusdurchgänge in Berlin von dem Vorsitzenden dieser Commission A. Auwers. II. Bd. Berlin 1889; 4°.

VIII. SITZUNG VOM 21. MÄRZ 1889.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. E. Ritter v. Brücke übersendet eine Abhandlung für die Sitzungsberichte, betitelt: „Van Deen's Blutprobe und Vitali's Eiterprobe."

Das w. M. Herr Prof. E. Weyr überreicht eine Abhandlung von Herrn Konrad Zindler in Graz: „Zur Theorie der Netze und Configurationen."

Der Vorsitzende, Herr Prof. J. Stefan, überreicht eine für die Sitzungsberichte bestimmte Abhandlung: „Über einige Probleme der Theorie der Wärmeleitung."

Das c. M. Herr Prof. Siegm. Exner in Wien überreicht eine Abhandlung unter dem Titel: „Durch Licht bedingte Verschiebung des Pigmentes im Insectenauge und deren physiologische Bedeutung."

Herr Dr. J. Herzig überreicht eine von Dr. S. Zeisel und ihm verfasste Abhandlung unter dem Titel: „Neue Beobachtungen über Bindungswechsel bei Phenolen. (III. Mittheilung). Das Verhalten der Di- und Trioxybenzole gegen Jodäthyl und Kali."

Herr Dr. Guido Goldschmiedt überreicht eine von ihm in Gemeinschaft mit Herrn Dr. Hugo Strache im I. chemischen Laboratorium der k. k. Universität in Wien ausgeführte Arbeit: „Zur Kenntniss der Orthodicarbonsäuren des Pyridins."

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

v. Kuffner'sche Sternwarte in Wien (Ottakring). Publicationen. I. Bd. (Mit 12 Tafeln.) Herausgegeben von dem Leiter dieser Sternwarte Norbert Herz. Wien, 1889 4°.

Malvoz, M. Ernst, Sur le Mécanisme du Passage des Bactéries de la Mère au Foetus. Bruxelles, 1887; 8°.

Meunier, M. Alph., Le Nucléole des Spirogyra. Lierre, 1887; 8°.

Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien.

Vor Kurzem ist in Wien eine Schrift von Ludwig Grossmann im Selbstverlage des Verfassers erschienen, betitelt: Anhang zum theoretischen Theile des Werkes: „Die Mathematik im Dienste der Nationalöconomie. Allgemeine Integration der linearen Differentialgleichungen höherer Ordnung, eine neue wissenschaftliche Errungenschaft auf dem Gebiete der reinen Mathematik". Das Titelblatt dieser Druckschrift enthält die Bemerkung: „Priorität gewahrt durch die kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien."

Herr Ludwig Grossmann hat allerdings unter dem 24. Jänner d. J. ein versiegeltes Schreiben behufs Wahrung der Priorität bei der kaiserl. Akademie eingereicht, und zwar mit der Aufschrift: „Allgemeine Integration der linearen Differentialgleichungen höherer Ordnung." Um jedoch einer irrthümlichen Auffassung zu begegnen, sieht man sich veranlasst, den folgenden Sachverhalt bekannt zu geben.

Die mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie nimmt seit Jahren auf Grund einer Bestimmung ihrer Geschäftsordnung versiegelte Briefe zum Zwecke der Wahrung der Priorität über Ersuchen jedes Einsenders in Verwahrung, aber der Inhalt ist ihr nur durch ein Schlagwort auf der Aussenseite des versiegelten Briefes bekannt. Die Classe ist daher selbstverständlich ganz ausser Stande, über den Werth oder Unwerth der einzelnen übersendeten Schriftstücke zu urtheilen.

Wien, am 16. März 1889.

Die mathematisch-naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften:

J. Stefan,
Vicepräsident
der kaiserl. Akademie der Wissenschaften
als Vorsitzender.

E. Suess,
Secretär.

Van Deen's Blutprobe und Vitali's Eiterprobe

von

E. Brücke,
w. M. k. Akad.

Van Deens Blutprobe scheint in gerichtlichen Fällen, wenn überhaupt, nur noch angewendet zu werden um ein negatives Resultat völlig sicher zu stellen, aber am Krankenbette ist sie das bequemste Hülfsmittel die Anwesenheit von Blut, dessen Menge mag noch so gering sein, und auch die von blossem Blutfarbstoff im Harne zu entdecken. Man giesst, wie bekannt, zu einigen 5 bis 6 cm^3 Harn etwa 1 cm^3 eines Terpentinöls, das am Korkstöpsel schon die Spuren seiner bleichenden Wirkung zurückgelassen hat, schüttelt durch und fügt dann 1 cm^3 der Guajaktinctur hinzu. Die Bläuung tritt an der Grenzschicht ein und verbreitet sich durch Schütteln. Ist die Blutmenge sehr gering, so muss man länger schütteln und dann absetzen lassen. Je nach der Qualität des Terpentinöls und der Guajaktinctur hat man manchmal von dem einen oder dem anderen noch etwas hinzuzufügen.[1]

Diese Probe ist indessen direct nur anwendbar, wenn der Harn keinen Eiter enthält, denn sonst bläuet er sich auch, wenn kein Blut darin vorhanden ist, wie dies durch eine Arbeit von

---

[1] Der erste, der die Guajakprobe speciell für den Harn empfahl, scheint Almén gewesen zu sein. Er schreibt vor gleiche Mengen von Guajaktinctur und Terpentinöl mit einander zu schütteln bis eine Emulsion entsteht und dann den zu prüfenden Urin hinzuzusetzen. (Chem. Jahresbericht von 1874, p. 1055. Zeitschr. anal. Chem. 1874. 104 aus N. Jahrb. Pharm. 40, 232.)

D. Vitali (L'Orosi, X, 325, 30. October 1887, Chem. Centralbl. 1887, S. 1528) bekannt ist.

In F. L. Huenefeld's Blutproben vor Gericht, Leipzig 1875, heisst es auf Seite 13: „Von thierischen und pflanzlichen Substanzen habe ich frisches und vollkommen ausgewaschenes Blutfibrin, Milch, Käse, Galle, Serum, Flüssigkeit von Kanthariden, Speichel, Eiweiss, eingetrockneten Schweiss, Rotz, Eiter, Sputa, Spermaflecke geprüft; sie verhielten sich vollkommen indifferent."

Huenefeld scheint seinem forensischen Zwecke entsprechend mit Vorliebe an eingetrockneten, zum Theil vielleicht alten Flecken experimentirt zu haben. Auch stellte er die Probe, und das war die Hauptsache, in etwas anderer als der gewöhnlichen Weise an. Er gibt folgende Vorschrift: „Man vermischt ein reines destillirtes Terpentinöl mit gleichen Massen Chloroform und Alkohol, setzt diesem Gemisch etwa $^1/_{10}$ des Volums des Terpentinöls an Acidum aceticum oder Eisessig hinzu und fügt so lange, zuletzt tropfenweise, destillirtes Wasser bei, als die Flüssigkeit klar bleibt.

In einem kleinen Porzellanmörser reibt man die fragliche Blutprobe mit gleich viel oder auch etwas mehr Guajakpulver zusammen, übergiesst dann dieses Gemisch reichlich mit jener Flüssigkeit und rührt einige Secunden bis Minuten mit dem Pistil um, es entsteht dann sofort oder sehr bald eine dunkelazurblaue filtrirbare Flüssigkeit, deren Farbe sich insgemein $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde hält."

Es existirt indessen eine ältere Angabe, die den Eiter als activ erscheinen lässt. In einem Berichte von Vittstein (Archiv d. Pharmazie, Bd. CCV. S. 128) nach dem Repertoir de Pharmacie 10. Juli 1873 heisst es, dass eine aus Mialhe, Mayet, Lefort und Cornil bestehende Commission bei Prüfung von van Deen's Probe Nasenschleim activ gefunden habe gegen Guajak und Wasserstoffsuperoxyd, dessen ätherische Lösung die Commission statt des Terpentinöls empfahl. Nun kann man wohl nicht zweifeln, dass in dem Nasenschleim Eiterkörperchen waren, und dann mussten schon diese, abgesehen von allen anderen Bestandtheilen, Guajak bläuen.

Diese Mittheilung war auch Huenefeld keinesweges unbekannt, aber er scheint ihr auf Grund seiner eigenen Versuchs-

resultate gemisstrauet zu haben. Indessen ist Vitali vollkommen im Recht, wovon sich Jeder leicht überzeugen kann.

Er fand, dass mit Eiter Bläuung eintrat durch ältere Guajaktinctur, welche schon der Luft und dem diffusen Lichte ausgesetzt gewesen war, dass aber keine Bläuung eintrat, wenn die Tinctur frisch bereitet war. Bei meinen Versuchen liess sich die Tinctur eine Zeit lang im Dunkeln aufbewahren, ohne dass sie Eiter bläute, entsprechend den Erfahrungen, die A. Schönbein bei seinen Versuchen mit Malzauszug gemacht hatte, dann aber, nachdem das Gefäss mehrmals geöffnet war, fing sie auch an, sich mit Eiter zu bläuen.

Ein Gehalt an Eiter macht aber die Probe van Deen's für die Aufsuchung von Blut im Urin nicht unbrauchbar. Es ist bereits seit 69 Jahren durch Planche[1] bekannt, dass die Bläuung, welche gewisse Pflanzensubstanzen im rohen Zustande hervorbringen, nicht eintritt, wenn die Objecte vorher gekocht wurden. Ebenso verhält sich der Eiter, während das Blut trotz des Kochens seine Wirkung behält. Es ist gut, den Urin nicht bloss aufwallen zu lassen, sondern ihn gehörig durchzukochen, denn ich habe bemerkt, dass Eiterflöckchen, welche durch die Dämpfe gehoben waren und sich an der Wand des Glases angelegt hatten, sich bisweilen noch färbten.

Auch durch blosses Filtriren kann man die Wirkung des Eiters beseitigen, wie dies schon D. Vitali bemerkte. Sie gehört also den Eiterkörperchen an, und zwar einer Substanz, welche nicht sofort in die umgebende Flüssigkeit diffundirt, oder, falls sie dies thun sollte, darin zerstört wird.

Es ist die Probe auch nach Vitali so anzustellen, dass man erst die Guajaktinctur allein hinzugiesst. Sie darf keine Bläuung des Harnes hervorrufen, ehe man das Terpentinöl hinzugefügt. Sollte dies auch nur im geringen Masse der Fall sein, so ist die Probe, wie ich bald zeigen werde, nicht direct, das heisst ohne vorhergehendes Kochen anwendbar auf den Harn; wir werden aber auch sehen, dass hier, falls keine Bläuung eintritt, noch eine andere Vorsichtsmassregel, eine Gegenprobe, welche die Wirksamkeit der Guajaktinctur sicherstellt, nöthig ist.

---

[1] Journal de Pharmacie 1820, Janvier, Nr. 1. Daraus in Tromsdorf Neuem Journal der Pharmacie, Bd. IV. 2, S. 161.

Bei Substanzen, die schon von Guajak allein gebläut werden, und zu diesen gehört, wie D. Vitali fand, auch der Eiter, fällt die Farbe in der Regel nicht so gesättigt aus wie bei van Deen's Probe und kann durch nachträglichen Zusatz von Terpentinöl noch vertieft werden.

Aus letzterem Grunde verdient auch van Deen's Blutprobe, wie erwähnt, bei Urin kein Vertrauen, der sich schon durch Guajak ohne Terpentinöl, wenn auch schwach, gefärbt hat. D. Vitali (Gazz. chim. Ital. X, 213, 261, Chem. Jahresber. v. 1880, S. 1095) schreibt wegen der Guajak an sich bläuenden Substanzen bereits bei der Untersuchung von Blutflecken (1880) vor, die Guajaktinctur zuerst zuzusetzen und, wenn nach einiger Zeit keine Bläuung eingetreten ist, das Terpentinöl.

Einmal untersuchte ich einen entschieden eiterigen Harn und fand die Bläuung auf Zusatz einer wohlgeprüften Guajaktinctur ausserordentlich schwach, anfangs nicht deutlich wahrnehmbar, auf Zusatz von Terpentinöl wurde sie sofort sehr stark. Nichtsdestoweniger enthielt der Urin kein Blut, denn er verlor sein Bläuungsvermögen durch Kochen gänzlich. Der nicht gekochte Urin gab beim Filtriren im Filterrückstande Vitali's Reaction hinreichend deutlich, aber auch das Filtrat bläute sich noch mit Guajaktinctur und Terpentinöl. Die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass der grösste Theil der Eiterkörperchen nicht sein normales Ansehen hatte, sondern kleiner und eckig war.

Hier war also offenbar etwas von der wirksamen Substanz in die Flüssigkeit gelangt und durchs Filtrum gegangen. Die Schwäche der Reaction mit blosser Tinctur, die sich durch Terpentinöl so auffällig verstärkte, dass die durch dasselbe hervorgerufene Farbenwandlung eine ungewöhnliche genannt werden musste, erkläre ich mir, wenn ich Schönbeins Ansichten als richtig annehme, folgendermassen: Wahrscheinlich in Folge eines Medikaments war eine Substanz in den Harn gekommen, welche den nur in geringer Menge vorhandenen activen Sauerstoff zunächst für sich in Anspruch nahm und dadurch das Guajakharz vor der Oxydation schützte, bis dann mit dem Terpentinöl eine neue Quelle vom activen Sauerstoff geboten wurde.

Dem Blute geht bekanntlich die Eigenschaft, Guajak ohne Terpentinöl zu bläuen, ab, während anderseits Blut nicht nur nach dem Kochen für die van Deen'sche Probe noch wirksam ist, sondern in Rücksicht auf seine Nachweisbarkeit durch dieselbe, auch mancher anderen Art von Misshandlung kräftig widersteht.

Ich will hier bemerken, dass dieser Widerstand nicht bei allen Proceduren stattfindet. Ich habe Blut, natürlich in geringer Menge, anhaltend mit Wasserstoffsuperoxyd geschüttelt und dann auf dem Wasserbade zur Trockne abgedampft. Mit dem Rückstande gelang die Probe van Deen's nicht mehr. N. Kowalewsky theilt im Centralblatt für medicinische Wissenschaften, 1889, Nr. 7 mit, dass Wasser, welches mit Terpentinöl geschüttelt wird, dessen oxydirende Eigenschaften annimmt. Ich kann dies bestätigen, aber mit einem Zusatze: Wenn man das aus dem Scheidetrichter abgelassene Wasser einmal mit guter Thierkohle durchschüttelt, so verliert es bedeutend an seiner Wirksamkeit, und durch längeres Schütteln mit einer hinreichenden Menge von Thierkohle kann man ihm dieselbe gänzlich nehmen.

Wenn ich nun solches Wasser, wirksam wie es aus dem Scheidetrichter kam, mit gewässertem Blute mischte und auf dem Wasserbade bis zur Trockenheit abdampfte, so misslang die Probe van Deens mit dem Rückstande gleichfalls.

Dasselbe war der Fall, wenn ich stark gewässertes Blut anhaltend mit Terpentinöl geschüttelt und dann auf dem Wasserbade zur Trockne eingedampft hatte.

Es bedurfte aber des Eindampfens gar nicht. Ein Gemisch von Terpentinöl, Wasser und so viel Blut, dass auf Zusatz von Guajaktinctur starke und prompte Bläuung eintrat, verlor durch längeres Stehen und öfteres Schütteln seine Reactionsfähigkeit gänzlich. Es ist, wie wir später sehen werden, wahrscheinlich, dass hier das Eisen des Blutfarbstoffs in eine völlig unlösliche Verbindung übergeführt war.

Ähnliche Resultate hatte ich mit Hämatin. Eine Probe einer Mischung von Wasser und Terpentinöl, der ich etwas in weinsäurehaltigem Alkohol gelöstes Hämatin zugesetzt hatte, bläute sich anfangs mit Guajaktinctur sehr stark. Dieselbe Mischung hatte aber dieses Vermögen vollständig verloren, nachdem sie

zwei Tage gestanden und öfters kräftig geschüttelt war. Hämatin scheidet sich wegen seiner Unlöslichkeit in Wasser und in neutralen wässerigen Lösungen überhaupt leicht aus, aber es bleibt auch leicht soviel zurück, dass die Reaction noch eintritt. Ich hatte Hämatin in ammoniakhältigem Wasser gelöst und mit Essigsäure, die ich vorher geprüft hatte, gefällt. Das Hämatin lag anscheinend vollständig ausgeschieden in Flocken am Boden, aber die darüber stehende Flüssigkeit gab van Deen's Probe doch noch.

Huenefeld hat van Deen's Probe schon mit Häminkrystallen erfolgreich angestellt, ich mit amorphem Hämatin, das noch nach dem alten directen Verfahren dargestellt war. Der ganze Atomcomplex des Hämoglobins ist also keineswegs dazu nöthig. Ist es das Eisen im Hämatin, welches den activen Sauerstoff überträgt?

Schon van Deen kannte (1863) die Wirksamkeit der Eisenoxydverbindungen, und Huenefeld (1875) und D. Vitali (1880) geben verschiedene Vorsichtsmassregeln an, um sich vor Mitwirkung von Rost und Rostflecken bei der Probe zu schützen.

Wenn man gewässertes Blut mit Terpentinöl schüttelt, so verliert es seine rothe Fabe und die entstandene Emulsion wird lehmfarbig. Wenn sie sich auseinandersetzt, so stellt sich die rothe Farbe nicht wieder her. Der active Sauerstoff des Terpentionöls hat also das Hämoglobinmolekül angegriffen. Indessen habe ich aus der Flüssigkeit kein Ferrocyaneisen erhalten können, auch nicht als ich statt des frischen oder einige Tage alten Blutes einen Auszug aus altem eingetrockneten Blute verwendete, der mit schwefelsäurehältigem Alkohol bereitet war. Grünfärbungen, welche mehr oder weniger ausgesprochen auftraten, liessen sich nicht auf Ferrocyaneisen beziehen, da sie durch Veränderung der Mengenverhältnisse zwar intensiver gemacht, aber nicht in Blau übergeführt werden konnten. Unter den günstigsten Umständen wurde die schöne Farbe des Chrysoprases erzielt.

Es ist aber wohl denkbar, dass das Eisen im Hämatin [nach Kowalewsky (Centralbl. f. med. Wissenschaften, 1889, Nr. 7) entsteht aus dem Hämoglobin beim Schütteln mit Terpentinöl zunächst Methämoglobin, wir müssen aber damit rechnen, dass es

sich nicht allein um das Hämoglobin handelt, dass auch Hämatin dieselbe Reaction gibt] oxydirt werden könne, ohne seine anderweitigen Bindungen völlig aufzugeben. Es ist mir nicht bekannt, dass Jemand mit einem der eisenfreien Hämatinderivate, wie sie von Mulder, Preyer, Hoppe-Seyler und Nencki beschrieben worden sind, die Probe von van Deen angestellt hätte, aber die Möglichkeit, dass der Sauerstoff auch durch einen eisenfreien Atomcomplex übertragen werden könne, ist nicht in Abrede zu stellen.

Bekanntlich unterschied A. Schönbein unter den organischen Substanzen, welche Guajak bläuen, zwei Abtheilungen (Journal für praktische Chemie, Bd. 102 und Bd. 105), solche, welche schon frisch bereitete und im Dunkeln gehaltene Guajaktinctur ohne weiteres bläueten, und solche, bei denen dies erst auf Zusatz von Terpentinöl oder einer verdünnten Lösung von Wasserstoffsuperoxyd geschah, welche aber auch für sich allein solche weingeistige Guajaktinctur bläueten, die längere Zeit dem diffusen Lichte ausgesetzt war und in der sich dadurch nach der Ansicht von Schönbein Wasserstoffsuperoxyd gebildet hatte. Die Stoffe der ersten Abtheilung sollten in Berührung mit lufthaltigem Wasser das Wasserstoffsuperoxyd selbst bilden, dessen halber Sauerstoff übertragen würde; bei den Stoffen der zweiten Abtheilung sollte dies nicht der Fall sein, daher die Nothwendigkeit, Wasserstoffsuperoxyd in Substanz hinzuzubringen.

Die Ansicht, dass in Guajaktinctur, welche längere Zeit der Luft und dem diffusen Lichte ausgesetzt war, stets Wasserstoffsuperoxyd enthalten sei, gründete er zunächst darauf, dass kalt bereiteter Malzauszug durch frisch bereitete und im Dunkeln gehaltene Guajaktinctur nur dann gebläuet wurde, wenn Wasserstoffsuperoxyd, wenn auch in noch so geringer Menge hinzugebracht wurde, wohl aber ohneweiteres durch alte und diffus belichtete. Er wies aber auch in dem Rückstand von Weingeist, den er am diffusen Lichte mit Luft geschüttelt und dann $^9/_{10}$ desselben abdestillirt hatte, mittels der Chromsäureaction Wasserstoffsuperoxyd nach.

Er gibt endlich an, auch solche dem diffusen Lichte und der Luft ausgesetzte Tinctur gehabt zu haben, welche ohne Terpentinöl oder Wasserstoffsuperoxyd von Blut gebläuet wurde,

wie er anderseits durch Luftabschluss und directes Sonnenlicht der Guajaktinctur das Vermögen, sich mit Blut und Terpentinöl zu bläuen nehmen konnte. Ich kann diese Angaben nicht bestreiten, [dass Guajaktinctur durch directes Sonnenlicht an ihrer Oxydationsfähigkeit einbüssen kann, ist anderweitig bestätigt worden, zuletzt von D. Vitali für die Eiterreaction (l. c. p. 330)], aber auch nicht bestätigen, wohl aber kann ich aussagen, dass ich Guajaktinctur gehabt habe, und dies ist eben die gewöhnliche im diffusen Lichte der Laboratorien alt gewordene und ohne besonderen Schutz und hermetischen Verschluss aufbewahrte Tinctur, welche für sich allein Malzauszug und auch Eiter lebhaft bläute, aber ohne Terpentinöl auf gewässertes Blut keine merkliche Wirkung ausübte. Schönbein sagt, die Bläuung sei langsamer erfolgt; ich habe sie aber auch in Stunden, ja in anderthalb Tagen nicht eintreten gesehen.

A. Schönbein vergleicht mehrfach die Fähigkeit des Malzauszuges, Sauerstoff zu übertragen mit derjenigen des Blutes, kommt aber zu wesentlichen Unterschieden, die im Originale nachzusehen sind. Hier handelt es sich zunächst nur darum, auf die Verschiedenartigkeit der organischen Verbindungen hinzuweisen, welche das Vermögen haben, fremden beweglichen Sauerstoff zu übertragen. Auch die Vegetabilien der zweiten Abtheilung haben dies Vermögen. Man hat oft genug Gelegenheit, sich zu überzeugen, dass, wenn sie Guajak gebläut haben, die Bläuung noch tiefer wird, wenn man Terpentinöl oder eine verdünnte Lösung von Wasserstoffsuperoxyd hinzubringt.

Aber in einem Punkte scheint mir das Hämatin vor allen anderen bläuenden organischen Verbindungen ausgezeichnet zu sein, in seiner grossen Widerstandsfähigkeit gegen das Kochen. Malzinfus verliert zwar durch blosses Kochen im Reagirglase auch sein Bläuungsvermögen nicht vollständig, aber es bleibt ihm davon nur ein geringer Rest, dieser wohl deshalb, weil doch nicht alle Theile der beim Kochen stark schäumenden Flüssigkeit lange genug auf der Temperatur von 100° gehalten wurden. Eine Portion Malzauszug, welche ich im zugeschmolzenen Rohre durch mehrere Stunden im siedenden Wasser erhalten hatte, war völlig inactiv. Auch durch längeres Kochen im Becherglase habe ich später wässerigen Malzauszug völlig inactiv gemacht. Aber

es zeigt sich eine merkwürdige Erscheinung. Solcher Malzauszug erhält sein Bläuungsvermögen wieder. Schon am anderen Tage zeigt sich dies und die Erscheinung nimmt weiterhin noch zu. Sie zeigte sich an gekochtem Malzauszuge, der offen am Lichte und auch an solchem, der in kleinen vollständig angefüllten verkorkten Flaschen im Dunkeln gestanden hatte. Die Korke hatten freilich nicht hermetisch geschlossen, denn sie hatten nicht verhindert, dass beim Erkalten eine kleine Menge von Luft eingedrungen war. Malzauszug, den ich, in ein Glasrohr eingeschmolzen, stundenlang im siedenden Wasserbade hatte liegen lassen, zeigte sich noch vier Tage nach dem Erkalten vollständig inactiv. Ich konnte ihn auch mehrere Tage offen am Fenster stehen lassen, ohne dass sein Bläuungsvermögen zurückgekehrt wäre.

In der aus dem Jahre 1820 stammenden Arbeit von Planche (l. c.) sind zahlreiche Vegetabilien auf ihr Bläuungsvermögen untersucht worden, nur sind die Resultate nicht ohne Weiteres brauchbar, weil Planche den Unterschied in der Wirkung von frischer oder im Dunkel aufbewahrter Guajaktinctur und von solcher, die gleichzeitig der Luft und dem diffusen Lichte ausgesetzt war, noch nicht kannte.

Unter den mit positivem Resultate untersuchten befindet sich auch das arabische Gummi (Gummi Mimosae), das in kaltem Wasser gelöst ist, und Planche bemerkte auch schon, dass mit heissem Wasser nicht dasselbe Resultat erzielt wird. Ich finde nun seine Angaben insoferne bestätigt, als der Mimosenschleim zwar eine Tinctur nicht bläuet, welche von Malzauszug nicht gebläuet wird, wohl aber eine solche, der diese Eigenschaft zukommt, dass er aber auch dieses Vermögen verliert, wenn er gekocht wird. Er verhält sich also ähnlich dem Malzauszuge. Ich kann zwar, da ich keine quantitativen Versuche angestellt habe, nicht sagen, dass er ein ähnlich empfindliches Reagens auf Wasserstoffsuperoxyd liefere, wie dieser, aber er ist vollkommen geeignet, eine Tinctur, welche zum Entdecken von Eiter gebraucht werden kann, von einer solchen zu unterscheiden, die dazu unbrauchbar ist.

Auch die Gummilösung nimmt, nachdem sie durch Kochen inactiv gemacht ist, allmälig ihr Bläuungsvermögen wieder an, aber langsamer als der Malzauszug.

Ich habe Blut mit Wasser so weit verdünnt, dass es zwar durch die van Deen'sche Probe noch deutlich nachweisbar war, dass sich aber doch die Reaction schon sichtlich verlangsamte; dann habe ich eine Probe derselben Flüssigkeit gut durchgekocht und sie nun wieder der van Deen'schen Probe unterworfen. Die Reaction trat ein, nur wenig langsamer als mit der ungekochten Flüssigkeit; aber während bei der letzteren das Blau mehr in der Flüssigkeit vertheilt war, hatte es sich hier grösstentheils in einer tief dunkelblau gefärbten Flocke concentirt, die in der ätherischen und auf der wässerigen Schicht schwamm. Beide Umstände lassen sich leicht erklären: durch die beim Kochen eintretende Coagulation war der Blutfarbestoff dem Reagens weniger rasch zugänglich geworden, daher die mässige Verlangsamung, und die Trübung, welche durch die Coagulation gebildet war, hatte sich, mit gefärbtem Guajak beladen, beim Schütteln zu der eben erwähnten dunkelblauen Flocke zusammengeballt.

Dadurch, dass das Kochen so ohne Einfluss ist auf die Wirksamkeit des Hämatins, entfernt sich letzteres von den zahlreichen Guajak bläuenden organischen Substanzen und reiht sich in dieser Beziehung den Salzen des Eisens und anderer schwerer Metalle an. Freilich bläuet es Guajak nicht als solches, sondern unter Vermittlung des Terpentinöls, aber in den Salzen sind die Metalle bereits oxydirt, während hier erst durch Oxydation aus dem Hämatin eine wirksame Verbindung gebildet werden soll. Da diese wirksame Verbindung die gewöhnlichen Reactionen der Eisensalze nicht zeigt, so würde hier der Fall eintreten, den ich oben als möglich hingestellt habe, dass das Eisen des Hämatins oxydirt werde, ohne seine sonstigen Bindungen völlig aufzugeben.

Wer die ausserordentliche Empfindlichkeit der Probe van Deen's aus Erfahrung kennt, dem wird es vielleicht widerstreben, in derselben eine blosse Eisenreaction zu sehen, aber andere lösliche Eisensalze bleiben hierin gegen das veränderte Hämatin wenig zurück. Jeder Chemiker kennt das grosse Färbungsvermögen des Eisensalicylats. Wenn man die Lösung desselben soweit verdünnt, dass sie im Reagirglase nicht mehr gefärbt erscheint, so wird sie von Guajaktinctur und Terpentinöl dennoch entschieden gebläuet.

Ja ich habe die Lösung von Eisensalicylat so weit verdünnt, dass sie nicht nur an sich farblos war, sondern dass sie auch durch eine verdünnte Lösung von gelbem Blutlaugensalz nicht mehr gefärbt wurde und nichtsdestoweniger liess sich das Eisen in derselben noch mittelst Guajak und Terpentinöl nachweisen.

Versuche dieser Art muss man mit Wasser anstellen, dem vor dem Destilliren Weinsäure hinzugesetzt ist, damit das Destillat ammoniakfrei sei. Das Ammoniak, welches das gewöhnliche destillirte Wasser der Laboratorien häufig enthält, kann das Eisen für die Guajakprobe unwirksam machen.

Ich muss ferner bemerken, dass die Eisensalicylatlösung so bereitet war, dass zu einer Lösung von Eisenchlorid, so lange Salicylsäure gegeben wurde, als sich die Farbe einer stark verdünnten Probe der Flüssigkeit durch weiteren Zusatz von Salicylsäure noch tiefer färbte. Es war also in der Flüssigkeit nicht mehr freie Chlorwasserstoffsäure als das Äquivalent des mit der Salicylsäure verbundenen Eisenoxyds.

Bei der Prüfung einer nicht ganz eisenfreien Salzsäure fand ich die Probe mit Blutlaugensalz empfindlicher als die Guajakprobe. Hier in der starksauren Flüssigkeit ballte sich das Guajak zusammen und zeigte nicht seine sonstige Neigung sich zu oxydiren.

Obgleich das Eisensalicylat Guajaktinctur auch ohne Zuthun von Terpentinöl bläuet, so ist doch die Reaction mit letzterem viel empfindlicher. Der Grund scheint mir darin zu liegen, dass das Eisen zunächst einen Theil des mit ihm verbundenen Sauerstoffes an das Guajakharz abgibt, ihm dieser dann aber durch den beweglichen Sauerstoff im Terpentinöl rasch wieder ersetzt wird. Solcher Sauerstoff wird wieder abgegeben und wieder ersetzt und so fort. Wenn man eine frischbereitete verdünnte Eisenvitriollösung mit Terpentinöl schüttelt, so bildet sich in derselben sofort Oxyd. Man kann den Versuch auch so anstellen, dass man die Eisenvitriollösung mit gelbem Blutlaugensalz vermischt und dann Terpentinöl hinzufügt.

Auch bei den besprochenen Vegetabilien und ebenso beim Eiter haben wir es mit einer Übertragung von activem Sauerstoff zu thun, denn hier geht eine Oxydation fast plötzlich vor sich, welche gewöhnlicher Sauerstoff nur langsam und, wie schon

Wollaston wusste, unter Beihilfe von kurzwelligem Lichte zustande bringt, während langwelliges Licht allein das schon gebläute Guajakharz wieder entfärbt. Wird die übertragende Substanz durch die Lebensthätigkeit der Zellen immer von Neuem bereitet und hört ihre Wirksamkeit mit dem Tode derselben auf?

D. Vitali theilt bereits Versuche mit, welche dies mindestens sehr unwahrscheinlich machen. Er schwemmte Eiter in Wasser auf, dem er Essigsäure zugesetzt hatte und filtrirte. Das Filtrat bläute Guajak, während er die Körperchen auf dem Filtrum mit angesäuertem Wasser mehr und mehr auswaschen konnte. Milchsäure verhielt sich ebenso, während Chlorwasserstoffsäure die wirksame Substanz in den Körpern liess und das Filtrat unwirksam war.

Ich habe eitrigen Urin mit etwa dem dreifachen seines Volums von 94%gem Weingeist vermischt und das Gemisch 10 Tage lang stehen lassen. Nach dieser Zeit konnte füglicher Weise von einer Lebensthätigkeit nicht mehr die Rede sein, und doch zeigten die auf einem Filter aus Glaswolle gesammelten Eiterkörperchen noch das Vermögen Guajak zu bläuen, wenn sie mit dem durch Wasser aus der (alten) alkoholischen Lösung frisch gefällten Harze in Berührung gebracht wurden.

Es existirt also in ihnen eine vom Leben unabhängige Verbindung, welche die Oxydation vermittelt.

Ich konnte ferner die Eiterkörperchen, nachdem sie im Alkohol gelegen hatten, bei gewöhnlicher Temperatur völlig austrocknen, ohne ihre Wirksamkeit zu vernichten. Ich hatte ein Filtrum, durch welches frischer eitriger Urin filtrirt worden war in Alkolhol gelegt und dann getrocknet. Ich schnitt es in Sectoren, auf denen nun die Eiterkörperchen in ganz dünner Schicht hafteten. Ein solcher Sector wurde mit wenig Wasser und ein paar Tropfen Guajaktinctur blau, genau so weit, wie der Eiter reichte. Selbst nachdem ein solcher trockener Sector in einer beschwerten und oben offenen Glasröhre zwei Stunden lang trocken in einem siedenden Wasserbade gelegen hatte, war die Wirksamkeit noch nicht vollständig zerstört, es bildete sich an einer Stelle noch ein deutlicher blauer Fleck. Vollständig war dagegen die Wirkung aufgehoben an einem anderen Sector, welchen ich in derselben

Glasröhre eine halbe Stunde lang im Schwefelsäurebade zwischen 120° und 130° gehalten hatte.

Dreimaliges Auskochen mit Äther vernichtete an einem anderen Sector die Wirkung nicht, wohl aber wurden sie wiederum an einem anderen durch dreimaliges Auskochen mit Weingeist von 94% aufgehoben. Der Weingeist, mit dem ausgekocht war, wurde in einer flachen Porcellanschale verdampft. Der Rückstand zeigte mit Guajak behandelt einige dunkle Punkte, die aber nicht deutlich als blau erkannt werden konnten. Ich habe endlich noch daran zu erinnern, dass die Substanz voraussichtlich eine colloide ist, da sie in die umgebende Flüssigkeit nicht diffundirt. Schon Vitali fand, wie erwähnt, dass eitriger Harn sein Vermögen, Guajak zu bläuen, verliert, wenn er filtrirt wird. Von der oben von mir aufgestellten Alternative, dass die wirksame Verbindung entweder nicht in die umgebende Flüssigkeit diffundiren oder sofort in derselben zu Grunde gehen müsse, ist nun wohl die letztere Voraussetzung mehr als unwahrscheinlich geworden.

Aus dem, was ich bisher nach fremden und eigenen Beobachtungen mitgetheilt habe, lassen sich folgende Regeln ableiten.

1. Die Schönbein-van Deen'sche Reaction tritt zwar sowohl mit frisch bereiteter als mit älterer der Luft und dem diffusen Lichte ausgesetzter Guajaktinctur ein, aber zur Untersuchung des Harns wendet man besser die letztere an.

2. Man prüft dieselbe mittelst kalt bereiteten Malzauszuges oder kalt bereiteter Mimosen-Gummilösung. Die Tinctur muss mit derselben sofort deutlich und entschieden blau werden.

3. Man befolgt Vitali's Regel, die Tinctur zuerst allein zuzusetzen und zu beobachten, ob Bläuung eintritt oder nicht.

4. Tritt keine Bläuung ein, so kann die van Deen'sche Probe ohneweiters vollendet werden.

5. Tritt durch die blosse Tinctur schon Bläuung ein, so filtrirt man durch ein doppeltes oder dreifaches Filtrum und bringt die Tinctur auf den Filterrückstand, welcher sich, falls Eiter im Urin war, blau färbt (D. Vitali's Probe). Es erübrigt dann nur noch, durch mikroskopische Untersuchung der letzten Tropfen,

welche im Glase zurückgeblieben sind, die Diagnose sicherzustellen.

6. Man prüft das Filtrat mit der Tinctur. Bläuet es nicht, so kann man die van Deen'sche Probe durch Hinzufügen von Terpentinöl zum Filtrate beendigen.

7. Bläuet das Filtrat auch noch die Tinctur, so kocht man es und setzt zu einer Probe der gekochten Flüssigkeit, die man mittelst Eintauchen des Reagirglases in kaltes Wasser rasch abgekühlt hat, etwas von der Tinctur. Bläuet sie sich nicht mehr, so kann man jetzt die van Deen'sche Probe durch Zusatz von Terpentinöl vollenden.[1] Nur eine Bläuung, welche in der ersten oder zweiten Minute eintritt, darf dann auf Blut bezogen werden. Bläuungen, die zehn oder mehr Minuten auf sich warten lassen und dann langsam deutlicher werden, habe ich auf Zusatz von Guajaktinctur und Terpentinöl schon in gekochten Flüssigkeiten entstehen sehen, für welche die Anwesenheit von Blut ausgeschlossen war.

8. Sollte die Flüssigkeit auch nach dem Kochen die Tinctur noch ohne Zusatz von Terpentinöl bläuen, so liegen zwei Möglichkeiten vor, entweder der Harn enthält irgend eine vorläufig nicht näher bekannte Substanz, welche die Tinctur allein bläuet und ihre Wirksamkeit durch Kochen nicht verliert, oder der Harn enthält Blut und man befindet sich in dem von Schönbein erwähnten, von mir nicht beobachteten Falle, dass man eine Tinctur angewendet hat, die für sich allein durch Blut gebläuet

---

[1] Schon Huenefeld empfahl für gerichtliche Fälle das Kochen, nicht wegen des Eiters, welchen er ja bei seinem Verfahren inactiv gefunden hatte, sondern um überhaupt die Anzahl der Quellen von Irrthümern möglichst zu verringern. D. Vitali sagt (l'Orosi, X, 328): „Un calore appena sufficiente per intiepidire il liquido contenente i leucociti rende più bella e sollicita la colorazione; viceversa un calore più elevato e prolungato la fa scomparire prontamente, come pure scompare col tempo abandonando a sè il liquido". Aber dies scheint sich nur auf die schon zusammengegossene Probe zu beziehen; dass mässige Wärme der Flüssigkeit der Empfindlichkeit auch bei van Deen's Probe keineswegs abträglich ist (Vitali l. c. p. 325), kann ich bestätigen, Die Reaction verläuft schneller als in kalter Flüssigkeit, die Farbe ist lebhafter, aber verblasst früher.

wird.[1] Letzteren Fall kann man dadurch ausschliessen, dass man die Tinctur mit etwas gewässertem Blute prüft.

9. Harn, der bei van Deen's Probe bläuet, das Vermögen hiezu aber durch Kochen verliert, enthält weder Blut, noch Hämoglobin, noch Methämoglobin, noch Hämatin.

---

[1] Es ist mir nicht gelungen durch blosses Schütteln von Guajaktinctur mit Luft im diffusen Tageslichte eine Guajaktinctur so zu verändern, dass sie sich mit normalen Blute ohne Terpentinöl gebläuet hätte, ich musste, um dies zu erreichen, immer etwas von einer Lösung von Wasserstoffsuperoxyd hinzusetzen. Da aber die mit Luft geschüttelte und dem diffusen Lichte ausgesetzte Tinctur durch weisse Blutkörperchen gebläuet wird, so ist es wahrscheinlich, dass diese, wo sie in ungewöhnlicher Menge vorhanden sind, eine merkliche Blaufärbung hervorbringen werden. In dem im Texte bezeichneten Falle würde aber diese nicht eintreten können, da die weissen Blutkörperchen durch das vorhergegangene Kochen ihr Bläuungsvermögen verloren haben würden.

Durch Licht bedingte Verschiebungen des Pigmentes im Insectenauge und deren physiologische Bedeutung

von

Prof. **Sigm. Exner,**
c. M. k. Akad.

Assistenten am physiolog. Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 1 Tafel.)

Vor einigen Wochen habe ich der kaiserl. Akademie der Wissenschaften eine Abhandlung: „Das Netzhautbild des Insectenauges“ überreicht,[1] in welcher die Dioptrik dieses Organes besprochen wurde. Es liess sich für das Auge des Leuchtkäferchens *(Lampyris splendidula)* nachweisen, dass das Bild eines als Gegenstand wirkenden leuchtenden Punktes ähnlich wie beim Wirbelthierauge entsteht, indem die auf einen beschränkten Antheil der Cornea auffallenden Strahlen durch verschiedene Facettenglieder (Corneafacette + Krystallkegel) hindurchdringend, so gebrochen werden, dass sie sich im Hintergrunde des Auges wieder in einem Punkte, dem Bildpunkte schneiden. So entsteht auf der Netzhaut des Insectenauges ein recht scharfes aufrechtes Bild, das man sehen kann. Die Helligkeit dieses Netzhautbildes muss, abgesehen von einigen anderen Umständen, abhängen von der Anzahl der Facettenglieder, die sich bei der Entwerfung eines Bildpunktes betheiligen.

Bei den von mir untersuchten Augen waren es circa 30 Facettenglieder, deren Strahlenbündel sich im Bildpunkte kreuzten. Da die Entfernung des Bildes von den hinteren Enden der Krystallkegel nur nach wenigen Zehnteln eines Millimeters zählt, so müssen die homocentrischen Strahlenbündel unter recht

[1] Am 7. Februar 1889.

beträchtlichen Winkeln convergiren, um sich zu vereinigen, d. h. die aus einem Krystallkegel austretenden Strahlen weichen in der Richtung von der Axe des Kegels beträchtlich ab, um so mehr, je weiter der Kegel von der Richtungslinie (Verbindungslinie zwischen dem Punkte des Objectes und seinem Bilde) entfernt ist.

Dieser am todten, und durch Abpinseln von seinem Pigment befreiten Auge des Leuchtkäferchens erkannte Strahlenverlauf konnte für dieses Thier ohne Schwierigkeit als im Leben vorhanden vorausgesetzt werden, denn Durchschnitte durch die *Lampyris*-Augen zeigten mir, dass die hinteren Kuppen der Krystallkegel frei hineinragten in eine durchsichtige Masse, die den Raum bis zur Netzhaut ausfüllt; ähnlich wie es Fig. 3 der beistehenden Tafel zeigt. Bei anderen Insecten aber reicht das Pigment von der Cornea und den Krystallkegeln aus noch weit nach hinten, erfüllt also einen Theil jenes Raumes, der zwischen dem optischen Apparate und der als lichtempfindlich zu betrachtenden Netzhautschichte liegt, aus. So zeigen die meisten einschlägigen Abbildungen die Pigmentvertheilung im Insectenauge. Nur in der Richtung der Krystallkegelaxe, wo der Sehstab liegt, fehlt das Pigment.

Ich musste in jener Abhandlung die Frage aufwerfen, ob die für das *Lampyris*-Auge geforderte Dioptrik auch für die andern Insecten Giltigkeit habe. Einer solchen Verallgemeinerung stand der Umstand im Wege, dass ja die unter einer nennenswerthen Neigung aus dem Krystallkegel austretenden Strahlen bei anderen Insecten auf die Pigmentscheiden stossen müssen, an diesen absorbirt werden, also von einer Vereinigung vieler Strahlenbündel im Bildpunkte keine Rede sein kann. Man sieht auf den ersten Blick, dass z. B. in Fig. 4 Strahlen, die durch die hintere Wölbung des Krystallkegels austreten, nur dann nutzbar verwendet werden können, wenn sie näherungsweise in der Axe des Krystallkegels verlaufen, Strahlen, welche unter grösserem Winkel austreten, werden vom Pigmente absorbirt. Soll man also annehmen, dass es Insecten gibt, deren Netzhautbild ein Summationsbild ist (wie ich es nannte) und andere, deren Netzhautbild in anderer Weise zu Stande kommt? Ich sagte in jener Abhandlung:

„Diese doch recht nennenswerthe Verschiedenheit in der Functionsweise zweier, im Übrigen so ähnlich gebauter Organe nöthigt immerhin, nach einer Vermittlung der Gegensätze zu suchen, und so mag es gestattet sein, folgende Hypothese auszusprechen. Wir wissen, dass das Pigment der Froschretina (und auch anderer Wirbelthiere) bei Belichtung des Auges zwischen die Stäbchen vorgeschoben wird, so dass es da in grosser Menge angehäuft, die einzelnen Netzhautelemente von einander scheidet. Im Dunklen zieht es sich gegen die Choreoidea zurück, dass die Netzhaut fast ganz frei von demselben wird. Ich vermuthe nun, dass bei den Insecten ein ähnlicher Vorgang an den Krystallkegeln stattfindet und dass das Pigment die Helligkeit des Netzhautbildes gleichsam regulirt. In meinen Präparaten des *Lampyris*-Auges — die Thiere wurden des Nachts gefangen — ist das Pigment aus der Glaskörperschichte zurückgezogen, es war dem Bedürfnisse entsprechend die grösstmögliche Helligkeit des Netzhautbildes erzielt, indem die aus allen dreissig Kegeln stammenden Strahlen sich an einem Punkte vereinigen konnten. Wäre das Thier im hellen Sonnenscheine gesessen, ehe es getödtet wurde, so würde das Pigment vielleicht so vertheilt gefunden worden sein, dass nur die centralsten oder nur der centralste von den dreissig Krystallkegeln zur Bilderzeugung beitrug, die Strahlenbündeln der anderen Kegeln aber im Pigment verloren gingen. Es würde dann, abermals entsprechend dem Bedürfnisse, die Helligkeit der Netzhautbilder durch die Verschiebung des Pigmentes auf einen kleinen Bruchtheil reducirt worden sein."

Diese Hypothese habe ich in jüngster Zeit, trotz Winter, zu prüfen Gelegenheit gehabt. Es gelang mir nämlich einige lebende Insecten aufzutreiben, die allerdings nur drei Käferspecies angehörten. Sie ergaben mir aber so schlagende Resultate, dass ich nicht anstehe, den Inhalt jener Hypothese als erwiesen zu betrachten, wenigstens für einen Theil jener Thiergattungen, die Facettenaugen haben.

Meine drei Käferspecies waren *Hydrophilus piceus*, *Dyticus marginalis* und ein kleinerer Schwimmkäfer *Colymbetes fuscus* (Lin.). Einige heitere Wintertage gestatteten mir folgende einfache Versuche. Von einer Species wurden zwei an Grösse,

Lebensfrische u. s. w. möglichst gleiche Exemplare ausgewählt, davon das eine (natürlich im Wasser) in Sonnenschein, das andere in einen Raum gestellt, von dem alles Licht nach Kräften abgehalten wurde. Nach Stunden wurden beide Thiere an Ort und Stelle getödtet, indem ich das Wasser aus ihrem Gefässe abgoss und statt dessen Alkohol einfüllte. Am nächsten Tage wurde, um dem Alkohol besseren Zutritt zu den Weichtheilen der Augen zu bieten, entweder der Kopf gespalten oder das ganze Auge exstirpirt und dasselbe nach seiner Härtung in Celloidin eingebettet, geschnitten und mit Saffranin oder Hämatoxylin gefärbt. Beim Schneiden pflegte die Cornea abzufallen, wesshalb sie auch an den Figuren der beistehenden Tafel fehlt, die getreu nach Präparaten, die Umrisse der einzelnen Schichten mit Hilfe der Zeichencamera, ausgeführt sind.

Fig. 1 zeigt einen Augenabschnitt eines im Dunklen gehaltenen *Hydrophilus*. Die Krystallkegel sind auf das reichste mit Pigment umhüllt, und aus der bekannten Länge eines solchen kann man ersehen, dass das Pigment nicht nennenswerth tiefer reicht, als ein Krystallkegel. Die der Retina zugewendeten Enden derselben schauen frei durch Öffnungen des Pigmentes hindurch, was an dem abgebildeten Schnitte freilich nicht zu sehen ist, da er nicht dünn genug war und das Pigment gerade in der untersten Schichte enorm dicht gehäuft liegt. An Flächenschnitten aber kann man sich hievon überzeugen. Ich hielt es für überflüssig, durch eine Abbildung zu erweisen, dass die Krystallkegelenden pigmentfrei sind, da die nebenstehende Abbildung von *Dyticus* dies zeigt, auch meines Wissens niemals behauptet worden ist, dass die Krystallkegel ganz im Pigment stecken. Das Wesentliche ist, dass das Pigment nicht nennenswerth tiefer reicht, als die Krystallkegel lang sind.

Ich möchte beiläufig auf die eigenthümlichen Fäden aufmerksam machen, die den Raum zwischen Krystallkegel und Netzhaut durchziehen und die nach oben hin in pyramidenförmige Fortsätze der Pigmentschichte übergehen. Ich konnte mich bei gewissen Präparaten überzeugen, dass diese Fäden unten an der Netzhaut inserirt sind. Die Richtung ihres Verlaufes ist in verschiedenen Abschnitten des Auges eine ungleiche; am Rande desselben erzeugen sie ein zierliches Bild, indem sie aus

ihrem vorwiegend tangentialen Verlauf umbiegend, fächerförmig der Pigmentlage zustreben, um sich in der angedeuteten Weise an derselben zu inseriren.

Vergleicht man mit diesem Bilde den Durchschnitt des belichteten Auges von *Hydrophilus* (Fig. 2), so gewahrt man eine gänzliche Umlagerung des Pigmentes. Dasselbe erstreckt sich etwa um die Länge der Krystallkegel tiefer gegen das Innere des Auges. Der Raum zwischen den Kegeln ist pigmentarm geworden.

Man könnte denken, dass vielleicht die Krystallkegel eine Locomotion vorgenommen haben. Ich überzeugte mich aber, dass sie in allen Fällen der Cornea hart anliegen. Man sieht, dass die Pigmentpyramiden jetzt tiefer stehen als in Fig. 1 und dass die ganze Schichte der Fasern auf einen engeren Raum zusammengedrängt worden ist. An der retinalen Pigmentschichte konnte ich weder bei *Hydrophilus*, noch bei den Schwimmkäfern eine auf Lichtwirkung zu beziehende Änderung bemerken.

Fig. 3 und Fig. 4 stellt je einen Krystallkegel mit dem dazugehörigen Sehstab von *Dyticus marginalis* dar. Der Bau des Auges unterscheidet sich nicht unwesentlich von dem bei *Hydrophilus*, das Verhalten des Pigmentes — es sind die Contouren desselben mit der Zeichenkammer ausgeführt — ist aber wesentlich das gleiche.

Dasselbe ist von *Colymbetes* zu sagen, dessen Auge dem von *Dyticus* sehr ähnlich gebaut ist.

Ich kann also nicht daran zweifeln, dass die vordere Pigmentschichte des zusammengesetzten Auges eine Rolle spielt, die im Wirbelthierauge der Iris zufällt, nämlich die Lichtstärke des Netzhautbildes zu reguliren. Sowie die Iris, indem sich die Pupille zusammenzieht, die Basis jenes Strahlenkegels verkleinert, dessen Spitze das Bild eines leuchtenden Punktes ist, ebenso fungiren die Pigmentscheiden, die sich über das hintere Ende der Krystallkegeln wie Hosen hinüberziehen; auch sie blenden in jenem Strahlenkegel, dessen Basis im dioptrischen Apparate liegt, Strahlenbündel auf Strahlenbündel von der Peripherie nach dem Centrum fortschreitend ab, vielleicht bis nur mehr ein einziges übrig bleibt. Es wäre jenes Bündel, das in der Axe des zugehörigen Krystallkegels verläuft und den Punkt des Gegenstandes mit seinem Bilde als durch eine Gerade verbindet.

Nach der Länge der Pigmentscheiden, die vorkommen, scheint es, dass diese Form des Netzhautbildes auch besteht, es entspräche im Effect vollkommen der Vorstellung, welche Johannes Müller von der Functionsweise des Insectenauges entwickelte, wenn auch die Art, wie dieser Effect erzielt wird, von ihm anders vermuthet wurde.

Ohne hier auf die interessanten Thatsachen vom Leuchten der Insectenaugen näher einzugehen, will ich doch eine in dieser Richtung liegende Beobachtung Kühne's kurz besprechen, weil sie augenscheinlich mit dem eben Mitgetheilten im innigsten Zusammenhange steht, das Vorstehende aber auch durch sie eine Bestätigung und Erweiterung erfährt.

Jetzt, da wir wissen, dass das Netzhautbild vieler Insectenaugen ein dioptrisches Bild ist, wie das des Wirbelthierauges, nur durch Brechungen anderer Art entstanden, wird nicht daran zu zweifeln sein, dass die fundamentalen Principien, die Brücke's Untersuchungen über das Leuchten des Wirbelthierauges zu Tage gefördert haben, auch für das Insectenauge Giltigkeit haben müssen. Es wird also auch ein Insectenauge bei geeignetem Refractionszustand, wenn die Lichtquelle näherungsweise in der Richtung des beobachtenden Auges liegt, leuchten können. Sowie man das Wirbelthierauge am bequemsten mit Hilfe des Augenspiegels leuchtend sieht, wird dies auch beim Insectenauge der Fall sein. Nun hat Kühne[1] bei dieser Art der Beleuchtung folgende Beobachtung hauptsächlich an dem grossen Nachtschmetterling Todtenkopf (*Acherontia atropos*) und an *Notodon* (ich finde in Leunis' Zoologie nur *Notodonta*) gemacht. Bei Tage ist ein Leuchten beim Todtenkopfe nicht zu beobachten. Es beginnt am Abend und ist in der ersten Zeit der Beobachtung glänzend. Kühne erzählt: „Nachdem ich dem Thiere bis 10 Uhr Abends Ruhe gelassen, fand ich die Augen wieder so auffällig und unter denselben Umständen feurig glühend, wie am Abend zuvor, aber ich bemerkte, dass sie während des Augenspiegelns matter werden, indem sich die lichte Kreisfläche unregelmässig einengte und schwarze Figuren darin auftraten." Von *Notodonta*

---

[1] Eine Beobachtung über das Leuchten der Insectenaugen. Unters. d. phys. Inst. d. Univers. Heidelberg, Bd. I, Heft 3.

theilt Kühne mit: „Wenige Minuten der intensiven Beleuchtung genügten, das Auge schwarz erscheinen zu lassen, wobei der helle Kreis sehr regelmässig von aussenher einging."

Es scheint mir, dass sowohl die Thatsache, dass das Augenleuchten bei Belichtung verschwindet, als die Art des Verschwindens, die allmälige Verkleinerung des leuchtenden Kreises, sich aus dem oben geschilderten Wandern des Pigmentes vollkommen erklärt. Denken wir uns nämlich das Netzhautbild leuchtend und das Insectenauge auf Unendlich[1] eingestellt, so liegt auf der Hand, dass die von ersterer ausgehenden Strahlen nur soferne in das Auge des Beobachters gelangen können, als sie der Richtungslinie desselben nahe liegen. Also ein Strahlenbündel, welches in der Richtung jenes Krystallkegels verläuft, dessen Axe die beobachtende Pupille trifft, wird in diese hineingelangen und jene Strahlenbündel, welche von demselben Punkte ausgehend in die benachbarten Kegeln eindringen. Diese letzteren treten mit um so stärkerer Neigung in ihre Krystallkegel ein, je weiter diese von dem ersten Strahlenbündel entfernt sind. Wenn sich nun aber in Folge der Beleuchtung jene Pigmentröhren von der Mantelfläche der Kegeln nach hinten ziehen, so blenden sie die einfallenden Strahlen vom Krystallkegel ab, und zwar um so früher, je grösser der Winkel zwischen dem Strahle und der Axe des Krystallkegels, also auch der Röhre, ist. Desshalb verfinstern sich bei allmäliger Verlängerung der Pigmenthosen erst die peripher gelegenen der wirksamen Facettenglieder: der Kreis engt sich allmälig ein. Kleine Unregelmässigkeiten im zeitlichen Verlaufe der Pigmentverschiebung mögen die Ursache davon sein, dass unregelmässige schwarze Figuren im hellen Kreise auftreten, während er schwindet.

Wir sehen auch hier wieder, dass die Pigmenthosen die Rolle der Iris spielen, denn das Phänomen beim Wirbelthierauge wäre ganz analog: entsprechend dem hellen sichtbaren Kreise des Schmetterlingsauges hier die leuchtende Pupille, die in Folge

[1] Es ist das Letztere natürlich nicht strenge nothwendig. Da übrigens die Netzhaut der zusammengesetzten Augen sehr dick ist, so wird man von einem Refractionszustand in Bezug auf das Augenleuchten nur im Sinne einer Annäherung sprechen können.

der Lichteinwirkung sich verkleinert, freilich schneller als dies beim Insectenauge der Fall ist.[1]

Aber die Versuche Kühne's lehren uns, wenn meine Deutung derselben richtig ist, noch etwas Anderes. Es fehlt nämlich das Leuchten bei Tage auch in der Dunkelheit und verschwindet am Abend an dem beleuchteten Theile des Auges, während es an einem anderen unbeleuchteten Theile bestehen bleibt. Daraus geht hervor, dass das Pigment bei Tage im ganzen Auge eine Reducirung der Helligkeit des Netzhautbildes vornimmt und dass es am Abend eine den Helligkeiten der verschiedenen Antheile des Sehfeldes angepasste Regulirung der Intensität des Netzhautbildes besorgt, was bekanntlich die Iris nicht zu bieten vermag.

Auch geben uns diese Versuche einen bequemen Massstab an die Hand, die Geschwindigkeit zu beurtheilen, mit welcher sich die Pigmentverschiebungen vollziehen, ja Kühne selbst hat mit gewohntem Scharfsinn aus der Geschwindigkeit, mit welcher das Augenleuchten erlischt, den Schluss gezogen, dass die dabei betheiligten Kräfte weder den Muskeln, noch den Gasen der Tracheen, sondern dem Pigmente entspringen mögen.

---

[1] Eine mit der geschilderten verwandte Erscheinung habe ich an *Dyticus*, weniger deutlich an *Hydrophilus*, gesehen. Sie besteht in Folgendem: Hält man den Käfer bei guter Beleuchtung vor sich, so gewahrt man in der bräunlichen Färbung des Auges einen schwarzen kreisrunden Fleck, der die grösste Ähnlichkeit mit der Pupille eines Wirbelthierauges hat. Dreht man das Thier um seine Axe, so wandert die scheinbare Pupille; man überzeugt sich, dass dieselbe immer jene Stelle einnimmt, an welcher die Axen der radiär gestellten Facettenglieder ganz oder näherungsweise in der Blickrichtung des beobachtenden Auges stehen, mit anderen Worten, die Wölbung des Käferauges erscheint schwarz in der nächsten Umgebung der Stelle, an welcher die Gesichtslinie des Beobachters dieselbe senkrecht trifft. Am Rande des Auges verzerrt sich desshalb die schwarze Stelle auch zu einem Oval, wodurch die Ähnlichkeit mit der (im Profil gesehenen) Pupille noch wächst. Die Erscheinung rührt offenbar daher, dass aus der Tiefe des Facettengliedes Licht in den verschiedensten Richtungen zurückstrahlt, nur nicht in der Richtung von dessen Axe. Sie bleibt bestehen, wenn man das Auge durch den Augenspiegel beleuchtet, kann also nicht so erklärt werden, wie die Schwärze der Pupille des Wirbelthierauges.

Sigm. Exner: Pigment im Insectenauge.

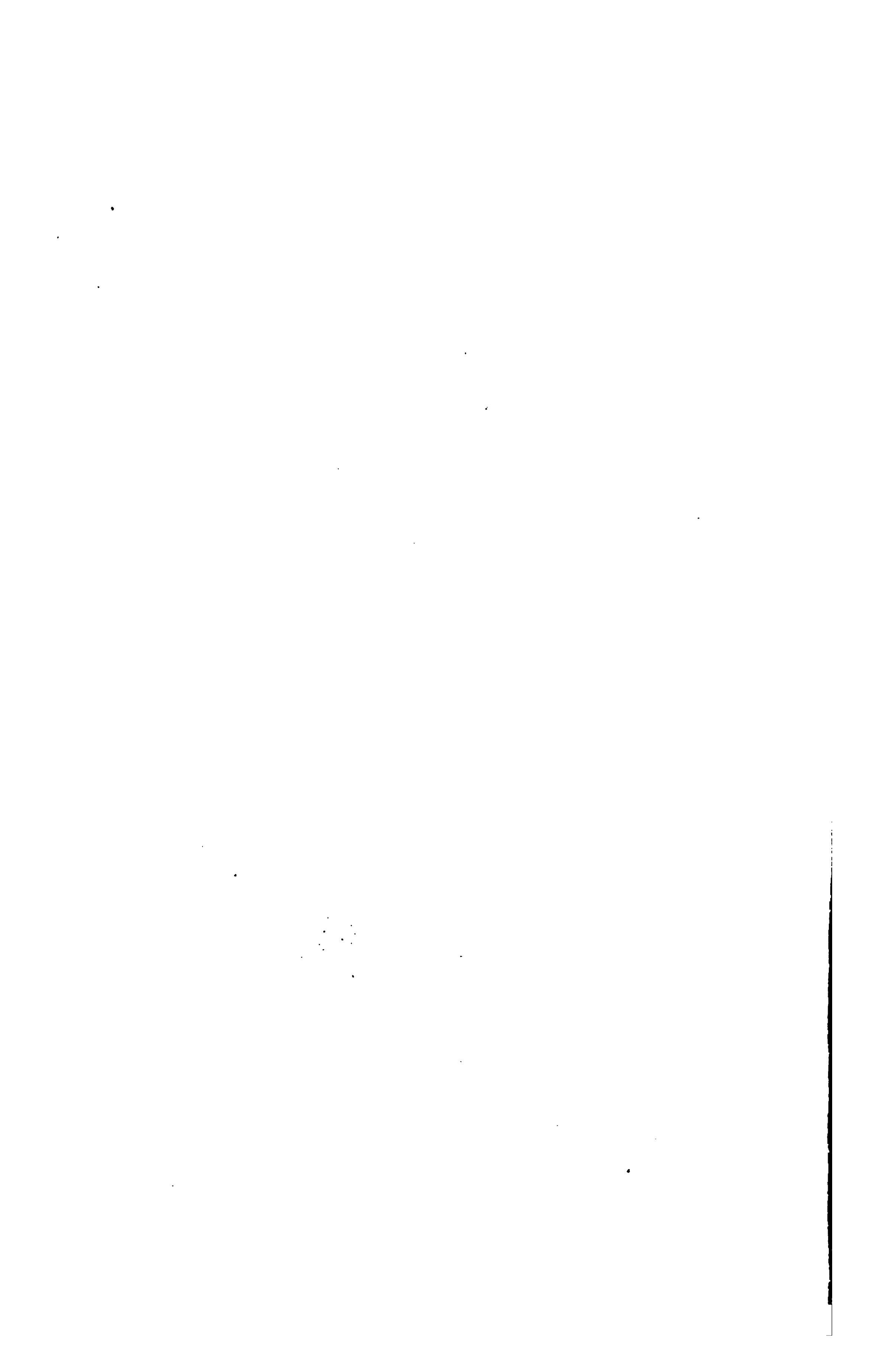
Fig. 3.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 4.

Lith. Anstalt v. J. Barth, Fünfhaus Wien



In der oben wiederholt genannten Abhandlung habe ich darauf hingewiesen, dass man die Art der dioptrischen Bilder, welche ich Summationsbilder nannte und die im Netzhautbilde des zusammengesetzten Auges ihre Vertretung im Thierreiche finden, theoretisch auch in anderer Weise behandeln kann. Es entwirft nämlich jedes Facettenglied ein aufrechtes Bild der äusseren Gegenstände auf der Netzhaut. Die Grenzen dieser Bilder sind verschieden für die verschiedenen Facettenglieder, und die Bilder decken sich in der Art, dass z. B. beim Leuchtkäferchen circa dreissig Bilder eines Objectpunktes auf der Netzhaut übereinanderfallen.

Bei dieser Art der Betrachtung des optischen Vorganges spielt die Pigmentröhre eines Facettengliedes die Rolle einer Blendung, welche bewirkt, dass die Ausdehnung des Bildes verringert wird, die Grenzen desselben also dem Centrum näher gerückt werden. In Folge dessen lägen also an einer Stelle des Summationsbildes nicht mehr dreissig, sondern nur wenige Bilder übereinander, und desshalb ist die Helligkeit des Netzhautbildes herabgesetzt. Ja es mag wohl bisweilen das Summationsbild soweit reducirt werden, dass jeder Punkt des Gegenstandes nur von einem Facettenglied abgebildet wird.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Meridionalschnitt durch das Auge eines im Dunkeln gehaltenen und ebenda getödteten *Hydrophilus piceus*. Die Cornea fehlt. 210mal vergrössert. Die Umrisse der einzelnen Schichten, insbesondere der Pigmentlagen, sind mit dem Zeichenprisma aufgenommen.

Fig. 2. Dasselbe von einem im Sonnenschein gehaltenen und da getödteten Thiere derselben Art.

Fig. 3 und 4. Krystallkegel und vorderes Ende des Sehstabes nebst der Pigmenthülle von *Dyticus marginalis*, ebenso gezeichnet wie Fig. 1 und 2. Vergrösserung der Zeichnung 550. Fig. 3 von einem im Dunkeln gehaltenen, Fig. 4 von einem besonnten Thiere.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XCVIII. Band. IV. Heft.

ABTHEILUNG III.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie, des Menschen und der Thiere; sowie aus jenem der theoretischen Medicin.

IX. SITZUNG VOM 4. APRIL 1889.

Der Vorsitzende gibt Nachricht von dem am 25. März d. J. erfolgten Ableben des ausländischen correspondirenden Mitgliedes dieser Classe Herrn Universitätsprofessor Dr. Franz Cornelius Donders in Utrecht.

Die anwesenden Mitglieder geben ihrem Beileide durch Erheben von den Sitzen Ausdruck.

Der Secretär legt das eben erschienene Heft VIII—X (October—December 1888) des XCVII. Bandes, Abtheilung II. b. der Sitzungsberichte vor.

Die Organisations-Commission des Congrès international de Zoologie in Paris ladet die kaiserliche Akademie zur Theilnahme an diesem anlässlich der Weltausstellung 1889 vom 5. bis 10. August in Paris tagenden Congresse ein.

Die Société Géologique de France ladet zur Theilnahme an der am 18. August d. J. in Paris stattfindenden ausserordentlichen Versammlung dieser Gesellschaft ein.

Herr Prof. Dr. Friedrich Becke in Czernowitz dankt für die ihm zur Vollendung seiner geologischen und petrographischen Untersuchungen im Hohen Gesenke der Sudeten von der kaiserlichen Akademie bewilligte Subvention.

Das w. M. Herr Prof. v. Barth übersendet eine in Gemeinschaft mit Dr. J. Herzig ausgeführte Arbeit: „Über Bestandtheile der *Herniaria*."

Das w. M. Herr Regierungsrath Prof. L. Boltzmann übersendet eine im physikalischen Institute der k. k. Universität in Graz ausgeführte Arbeit von Dr. F. Streintz: „Über ein Silber-Quecksilber-Element und dessen Beziehung zur Temperatur."

X. SITZUNG VOM 11. APRIL 1889.

Der Vorsitzende gibt Nachricht von dem am 9. April d. J. erfolgten Ableben des ausländischen Ehrenmitgliedes dieser Classe Herrn Professor Michel Eugène Chevreul in Paris.

Die anwesenden Mitglieder geben ihrem Beileide durch Erheben von den Sitzen Ausdruck.

Der Secretär legt das eben erschienene Heft VIII (October 1888) des XCVII. Bandes, Abtheilung II. a. der Sitzungsberichte, ferner das Heft II (Februar 1889) des X. Bandes der Monatshefte für Chemie vor.

Das w. M. Herr Regierungsrath Prof. L. Boltzmann übersendet zwei im chemischen Universitätsinstitute zu Graz ausgeführte Untersuchungen:

1. „Zur Constitution der Chinaalkaloide.“ (V. Mittheilung), von Prof. Dr. Zd. H. Skraup und Dr. J. Würstl;
2. „Die Halogenquecksilbersäuren,“ von G. Neumann.

Das c. M. Herr Prof. L. Gegenbauer in Innsbruck übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Wahrscheinlichkeiten im Gebiete der aus den vierten Einheitswurzeln gebildeten complexen Zahlen.“

Herr Prof. Dr. M. Nencki in Bern übersendet folgende zwei Arbeiten aus seinem Laboratorium:

1. „Die Prüfung der käuflichen Reagentien zur Elementaranalyse auf ihre Reinheit,“ von Prof. M. Nencki.
2. „Über einige aldehydische Condensationsproducte des Harnstoffs und den Nachweis des letzteren,“ von Dr. Ernst Lüdy.

Das w. M. Herr Director E. Weiss berichtet über die Entdeckung eines Kometen am 31. März durch Herrn Barnard am Lick Observatory in Californien, dessen Elementarsystem an der k. k. Wiener Sternwarte von Dr. J. v. Hepperger ermittelt und durch das Circular Nr. LXVIII der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften veröffentlicht wurde.

Der Vorsitzende, Herr Prof. Stefan, überreicht eine für die Sitzungsberichte bestimmte Abhandlung: „Über die Diffusion von Säuren und Basen gegen einander."

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. A. Bauer überreicht zwei in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeiten, und zwar:

1. „Über trocknende Ölsäuren" (VIII. Abhandlung), von K. Hazura.
2. „Über die Oxydation ungesättigter Fettsäuren mit Kaliumpermanganat." (III. Abhandlung), von A. Grüssner und K. Hazura.

Herr Prof. Dr. Franz Toula von der k. k. technischen Hochschule überreicht eine von Herrn Nikolaus Karakasch in St. Petersburg an ihn gelangte Abhandlung:

„Über einige Neocomablagerungen in der Krim."

Herr Dr. Richard R. v. Wettstein, Privatdocent an der k. k. Universität in Wien, überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Beitrag zur Flora des Orients. Bearbeitung der von Dr. A. Heider 1885 in Pamphylien und Pisidien gesammelten Pflanzen."

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Luvini, Jean, Contribution à la Météorologie électrique. Turin, 1888; 8°.

Peyrand, H., L'immunité par les Vaccins chimiques. Prévention de la rage par le Vaccin tanacétique ou le Chloral. Paris, 1888; 8°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XCVIII. Band. V. Heft.

ABTHEILUNG III.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie, des Menschen und der Thiere; sowie aus jenem der theoretischen Medicin.



XI. SITZUNG VOM 9. MAI 1889.

Der Secretär legt das eben erschienene Heft IX—X (November-December 1888) des XCVII. Bandes, Abtheilung II. a, der Sitzungsberichte, ferner das Heft III (März 1889) des X. Bandes der Monatshefte für Chemie vor.

Das w. M. Herr Hofrath V. v. Zepharovich in Prag übersendet eine Abhandlung: „Über Vicinalflächen an Adularzwillingen nach dem Baveno-Gesetze."

Das c. M. Herr Prof. Dr. E. Ludwig übersendet eine in seinem Laboratorium von den Herren Prof. Dr. J. Mauthner und Dr. W. Suida ausgeführte Arbeit: „Über die Gewinnung von Indol aus Phenylglycocoll."

Das c. M. Herr Prof. Richard Maly in Prag übersendet eine Arbeit von Herrn Friedrich Emich, suppl. Professor an der k. k. techn. Hochschule in Graz: „Über die Amide der Kohlensäure" (II. Mittheilung).

Das c. M. Herr Prof. L. Gegenbauer in Innsbruck übersendet folgende zwei Abhandlungen:

1. „Zur Theorie der Congruenzen."
2. „Zur Theorie der Kettenbrüche."

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. A. Bauer in Wien übersendet eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit:

„Zur Kenntniss einiger nicht trocknenden Öle," von K. Hazura und A. Grüssner.

Herr Prof. Dr. A. Adamkiewicz in Krakau übersendet folgende II. Mittheilung über die Ergebnisse seiner fortgesetzten Untersuchungen: „Über Knochentransplantation."

Ferner übersendet Herr Prof. Adamkiewicz eine Abhandlung: „Über die Nervenkörperchen im physiologischen und im pathologischen Zustande."

Herr Prof. Dr. M. v. Nencki in Bern übersendet folgende Mittheilung: „Die Prüfung der käuflichen Reagentien zur Elementaranalyse auf ihre Reinheit."

Ferner übersendet Herr Prof. v. Nencki folgende in seinem Laboratorium ausgeführte Untersuchungen über die Zersetzung des Eiweisses durch anaëobe Spaltpilze: 1. „Die aromatischen Spaltungsproducte," von M. v. Nencki; 2. „Zur Kenntniss der bei der Eiweissgährung auftretenden Gase," von M. v. Nencki und N. Sieber — und eine Arbeit: „Über die Bildung der Paramilchsäure durch Gährung des Zuckers," von M. von Nencki und N. Sieber.

Herr Prof. Dr. Zd. H. Skraup an der k. k. Universität in Graz übersendet folgende zwei Abhandlungen:

1. „Benzoylverbindungen von Alkoholen, Phenolen und Zuckerarten."
2. „Über die Constitution des Traubenzuckers."

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. „Experimental-Untersuchungen über das periodische Gesetz." (I. Theil), von Dr. Bohuslav Brauner, Privatdocent für Chemie an der k. k. böhmischen Universität in Prag.
2. „Untersuchungen in der musikalischen Psychologie und Akustik," von K. Stecker, Lector für Musiktheorie an der k. k. böhmischen Universität und Professor an der Orgelschule in Prag.
3. „Über Kantengerölle in Böhmen," von Prof. Č. Zahálka in Raudnitz.

Das w. M. Herr Prof. Dr. Friedrich Brauer überreicht den in Verbindung mit Herrn Julius Edl. v. Bergenstamm verfassten IV. Abschnitt der Zweiflügler des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums in Wien, enthaltend: „Vorarbeiten zu einer Monographie der *Muscaria schizometopa*. Pars I. Synopsis der Gattungen."

Das w. M. Herr Hofrath G. Tschermak bespricht eine Arbeit des Herrn Prof. F. Becke in Czernowitz: Über die

Krystallform des Traubenzuckers und optisch activer Substanzen im Allgemeinen."

Das w. M. Herr Prof. Ad. Lieben überreicht drei in seinem Laboratorium von Herrn Dr. Fritz Blau ausgeführte Arbeiten:

1. „Neuerungen beim gebräuchlichen Verbrennungsverfahren."
2. „Notiz zur Darstellung von Mono- und Dibrompyridin."
3. „Über die trockene Destillation pyridincarbonsaurer Salze. I. Destillation des picolinsauren Kupfers."

Herr Prof. Lieben überreicht ferner eine von Herrn C. Reichl, Professor an der k. k. Staatsoberrealschule im II. Bezirk in Wien, ihm übergebene Notiz, betitelt: „Eine neue Reaction auf Eiweisskörper."

Herr Anton Handlirsch überreicht den IV. Theil seiner in dem k. k. Naturhistorischen Hofmuseum im Wien ausgeführten Arbeit: „Monographie der mit *Nysson* und *Bembex* verwandten Grabwespen."

Herr Hugo Zukal in Wien überreicht eine Abhandlung unter dem Titel: „Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen aus dem Gebiete der Ascomyceten."

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Escary, J., Mémoire sur le Problème des Trois Corps. Constantine, 1889; 4⁰ (Autogr.).

Johnston, R. M., Systematic Account of the Geology of Tasmania. Published by the Authority of the Government. Hobart Town, 1888; 4⁰.

Royal College of Physicians of Edinburgh, Reports from the Laboratory of the Royal College of Physicians of Edinburgh. Edited by J. Batty Tuke and G. Sims Woodhead. Vol. I. Edinburgh and London, 1889; 8⁰.

XII. SITZUNG VOM 16. MAI 1889.

Das Comité für Errichtung des Grillparzer-Denkmales in Wien ladet die Mitglieder der kaiserlichen Akademie zu der am 23. d. M. stattfindenden feierlichen Enthüllung dieses Denkmales ein.

Herr P. C. Puschl, Stiftscapitular in Seitenstetten, übersendet eine Abhandlung: „Über die Wärmeausdehnung der Gase."

Herr Dr. Vincenz Hilber, Privatdocent an der k. k. Universität in Graz, übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Erratische Gesteine des galizischen Diluviums."

Der Secretär legt ein versiegeltes Schreiben behufs Wahrung der Priorität von Dr. Otto Stapf, Privatdocenten der k. k. Universität in Wien, mit der Aufschrift vor: „Kritische Bemerkungen zur Flora des Orientes."

Herr Dr. Gottlieb Adler, Privatdocent an der k. k. Universität in Wien, überreicht eine Abhandlung unter dem Titel: „Allgemeine Sätze über die elektrostatische Induction."

Herr Dr. Rudolf Benedikt, Privatdocent und Adjunct an der k. k. technischen Hochschule in Wien, überreicht folgende zwei Arbeiten aus dem Laboratorium für allgemeine und analytische Chemie dieser Hochschule:

1. „Zur qualitativen Bestimmung von Methoxyl," von R. Benedikt und A. Grüssner.
2. „Über die Zusammensetzung der festen Fette des Thier- und Pflanzenreiches," von R. Benedikt und K. Hazura.

XIII. SITZUNG VOM 23. MAI 1889.

Se. Excellenz der Herr Curator-Stellvertreter setzt die Akademie mit hohem Erlasse vom 12. d. M. in Kenntniss, dass Seine kaiserliche Hoheit der durchlauchtigste Herr Erzherzog-Curator in der diesjährigen feierlichen Sitzung am 29. Mai erscheinen und dieselbe mit einer Ansprache eröffnen werde.

Der Secretär legt das von der Boué-Stiftungs-Commission der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in deutscher Übersetzung herausgegebene Werk: „Die europäische Türkei von Ami Boué" (La Turquie d'Europe par A. Boué. Paris, 1840) vor. (Bd. I und II. Wien, 1889; 8°.)

Das w. M. Herr Regierungsrath Prof. Dr. A. Rollett in Graz übersendet eine Abhandlung: „Anatomische und physiologische Bemerkungen über die Muskeln der Fledermäuse".

Ferner übersendet Herr Regierungsrath Rollett eine von Herrn Dr. Basilius Lwoff aus Moskau im physiologischen Institute der Grazer Universität ausgeführte Arbeit: „Über die Entwicklung der Fibrillen des Bindegewebes".

Prof. R. v. Jaksch in Graz übersendet eine Abhandlung: „Zur quantitativen Bestimmung der freien Salzsäure im Magensafte".

Herr Prof. Dr. Franz Toula in Wien übersendet folgende Mittheilung: „*Pyrgulifera Pichleri* Hörn. in Bulgarien".

Das w. M. Herr Prof. E. Weyr überreicht eine Abhandlung von Regierungsrath Prof. Dr. F. Mertens in Graz: „Über invariante Gebilde quaternärer Formen.“

Das w. M. Herr Prof. Ad. Lieben überreicht eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit des Herrn Richard Firbas: „Über die in den Trieben von *Solanum tuberosum* enthaltenen Basen.“

Das w. M. Herr Prof. V. v. Lang überreicht eine Abhandlung von Herrn K. Fuchs in Pressburg: Über die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit mit kugelförmiger Oberfläche.“

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Gruber, W. L., Beobachtungen aus der menschlichen und vergleichenden Anatomie. IX. Heft. (Mit 4 Tafeln.) Berlin, 1889; 4°.

Anatomische und physiologische Bemerkungen über die Muskeln der Fledermäuse

von

Alexander Rollett,
w. M. k. Akad.

(Mit 4 Tafeln.)

Durch die Beobachtungen, welche von Ranvier, Grützner, von mir selbst und Anderen über das Vorkommen von quergestreiften Muskelfasern von abweichendem Baue und verschiedenen physiologischen Eigenschaften gemacht wurden, sind eine Reihe von Fragen aufgetaucht, deren Beantwortung erst möglich sein wird, wenn wir erst noch das Gebiet unserer Erfahrungen viel weiter ausgedehnt haben werden, als das bisher geschehen ist.

Noch ist gar kein Anhaltspunkt dafür gewonnen, sicher zu entscheiden, ob und welcher nothwendige Zusammenhang zwischen Bau und Function verschiedener Muskelfasern existirt.

Wir wissen nur, dass verschiedene Dimensionen der Querschnitte, verschiedenes Verhältniss des Sarkoplasmas und der Muskelsäulchen zu einander, verschiedene Zahl und Stellung der Kerne, verschiedenes Verhalten bei einzelnen chemischen Reactionen diejenigen Merkmale sind, welche Muskelfasern besonders charakterisiren, die auch physiologisch von einander verschieden sind.

Bald treten aber auffallende Verschiedenheiten sowohl in Bezug auf die Anordnung des Sarkoplasmas und der Muskelsäulchen und zugleich verschiedene Stellung der Kerne ganz besonders hervor. Ich erinnere an meine[1] Angaben über die

[1] Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. Bd. XLIX, S. 81; Bd. LI, S. 24; Bd. LIII, S. 193.

Coleopteren-Muskeln, besonders über jene von *Hydrophilus* und *Dyticus*.

Bald sind dagegen nur die Dimensionen der Querschnitte und etwas reichlichere oder weniger reichliche Einlagerung körniger Masse ins Sarkoplasma besonders hervortretend, wie es Grützner[1] beim Frosch und einigen Warmblütern fand.

Bald ist die Dimension der Faserquerschnitte und die Stellung der Kerne dasjenige, was hauptsächlich die histologische Verschiedenheit bedingt, so bei den von Ranvier[2] untersuchten verschiedenen Muskeln des Kaninchens und Feldhasen.

Es ist nun gewiss sehr auffallend, dass das eine Mal mit sehr geringen Abweichungen im Baue dieselben physiologischen Verschiedenheiten verknüpft sind, wie das andere Mal mit sehr gewaltigen Abweichungen des Baues. Das Erstere ist zum Beispiele der Fall bei den trägen und flinken Muskeln der Hasen und bei den trägen und flinken Muskeln der Frösche und der Kröten; das Letztere bei den trägen und flinken Muskeln der Insecten.

In allen diesen Fällen scheint es aber, dass physiologische Abweichung und histologische Abweichung, sei die letztere nun sehr auffällig oder nur geringfügig, doch nothwendig mit einander verknüpft sind.

Anderseits herrscht aber gar keine Übereinstimmung zwischen den trägen Muskeln einerseits und den flinken Muskeln anderseits, wenn man alle trägen der verschiedenen Thiere und ebenso alle flinken der verschiedenen Thiere mit einander vergleicht.

Welche grosse Verschiedenheit zum Beispiel zwischen Bau der Fasern des weissen Kaninchenmuskels und des Dyticusmuskels und der hellen Fasern von grossem Querschnitte in den Froschmuskeln, die alle sich als flinke Muskeln erweisen; und welche grosse Verschiedenheit anderseits zwischen Bau der Fasern des rothen Kaninchenmuskels und des Hydrophilusmuskels und der trüben Fasern von kleinem Querschnitte in den Froschmuskeln, die alle sich als träge und ausdauernde erweisen.

---

[1] Recueil zoologique suisse, Tom. I, pag. 665.

[2] Archiv. de physiolog. 2. Ser, Tom I, pag. 5; compt. rend. 104. 1887, u. 107. 1888, pag. 971.

Hier ist also noch Vieles neu zu erfahren, ehe wir über den Zusammenhang von Bau und Function, auf welchen die Beobachtungen hinweisen, zu sicheren Urtheilen werden gelangen können.

Eine andere, wie ich glaube, sehr wichtige Frage ist die nach der einfachen oder gemischten Natur von Muskeln, welche wir als anatomische Individualitäten zu betrachten gewohnt sind. Ist ein bestimmt benannter Muskel nur aus einer Art von histologisch und physiologisch gleichwerthigen Fasern zusammengesetzt, oder ist er ein Gemenge aus histologisch und physiologisch ungleichwerthigen Fasern?

Grützner[1] hält es für die Regel, dass die Muskeln der Wirbelthiere nicht aus einerlei, sondern mindestens aus zwei-, vielleicht aus mehrerlei Fasern aufgebaut sind, und er hat auf diesen Satz wichtige Anschauungen über das Verhalten der Muskeln bei ihrer Thätigkeit gegründet.

Nach den Beobachtungen von Ranvier an den Kaninchenmuskeln, musste man aber auch den ersteren Fall in den rein rothen und in den rein weissen Muskeln dieses Thieres realisirt annehmen.

Und ich selbst[2] bin bei *Hydrophilus* und *Dyticus* zu dem Schlusse gekommen, dass bei dem ersteren Thiere in allen Muskeln Fasern von demselben Baue, von trägem Zuckungsverlaufe und ausdauernder Leistungsfähigkeit, dagegen bei dem letzteren Thiere wieder in allen Muskeln übereinstimmend, aber ganz anders als bei *Hydrophilus* gebaute Muskeln, von flinkem Zuckungsverlaufe und vergänglicher, aber immer durch Ruheperioden verhältnissmässig rasch wieder zu gewinnender Leistungsfähigkeit enthalten sind.

Man denke nun nur an die Schwierigkeiten, welche sich der experimentellen Erforschung von Muskeln entgegensetzen, die gemengt sind und an die gewiss viel leichtere Arbeit, die man mit nicht gemengten Muskeln hätte, um zu ermessen, welchen Gewinn uns die Entscheidung der aufgeworfenen Fragen bringen könnte.

---

1 L. c. und Pflüger's Archiv. Bd. 41, S. 256.

2 L. c. Bd. LIII.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen will ich dem Gegenstande, der uns hier beschäftigen soll, nur noch eine Betrachtung vorausschicken.

Es hatte anfangs den Anschein, als ob sehr weit gehende Verschiedenheiten im histologischen Baue der quergestreiften Muskelfasern nur bei den Evertebraten anzutreffen seien; bei den Vertebraten waren zwar durch mich[1], Ranvier,[2] Lavocat und Arloing[3] und durch Grützner[4] solche Verschiedenheiten bekannt geworden, allein sie erscheinen gering im Vergleich zu den Verschiedenheiten, welche bei den Muskeln von Käfern und anderen Insecten aufgedeckt wurden.

Heute wissen wir dagegen durch die Untersuchungen von Emery,[5] van Gehuchten[6] und Kölliker[7] über die Muskeln von Fischen und insbesonders durch die von Ranvier[8] begonnenen und von mir[9] vervollständigten Untersuchungen über die Flossenmuskeln und die übrigen Skelettmuskeln von *Hippocampus*, dass auch bei Vertebraten äusserst weitgehende Differenzen im Bau der quergestreiften Muskelfasern vorhanden sein können.

Während meiner Untersuchungen über die quergestreiften Muskeln, welche sich nunmehr auch auf eine grosse Zahl von Vertebraten ausgedehnt haben, fand ich nun unter Anderem auch, dass die Muskeln der Fledermäuse ganz besondere Eigenthümlichkeiten darbieten, und über diese will ich hier berichten.

Ich werde, um sofort das Wesentlichste zu treffen, mit der Betrachtung des Querschnittes vergoldeter Muskelfasern beginnen.

---

1 Diese Berichte, Bd. XXIV, S. 291.

2 L. c.

3 Recherches sur l'anat. et. la physiol. des muscl. pal. et fonc. Toulouse 1875.

4 L. c.

5 Emery, Archiv. ital. de Biolog. T. II, p. 133, 1882.

6 van Gehuchten, Etude sur la structur; intim. de la cellul. musc. striée chez les vertébrés. Extrait. de la revue „La cellule“ T. IV, fasc. 1888.

7 Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftl. Zoolog. Bd. XLVII, 1888.

8 Ranvier, Archives de physiol. 2. S., T. I, 1874, pag. 16; Leçons d'anatomie générale sur le système muscul. Paris 1880, p. 241.

9 Rollett, Archiv f. mikroskop. Anatom. Bd. XXXII, 1888, S. 233.

(Goldbad, $0{\cdot}5^0/_0$ Goldchlorid enthaltend, durch 5—10 Minuten, dann Reduction in Bastian-Pritchard'scher Flüssigkeit, darüber und über die Herstellung der Querschnitte s. Arch. f. mikroskop. Anat., Bd. XXX, S. 237.)

Das auf dem Querschnitte vergoldeter Muskelfasern von Vertebratenmuskeln auftretende, durch Gold roth gefärbte Netz der Sarkoplasmabalken erscheint in der Regel äusserst zart, die Balken desselben sind sehr gleichmässig dick und an den Berührungspunkten sitzen regelmässige, kleine, runde Knoten, wie dieses Bild oft dargestellt ist und wie es sich besonders oft wiederholt auf den der citirten Abhandlung van Gehuchten's über die Vertebratenmuskeln beigegebenen Tafeln findet.

Bei den Muskeln der Fledermäuse verhält sich die Sache anders. Es treten bei denselben zahlreiche grobe, unregelmässig gestaltete und nach der einen oder anderen Richtung ausgezogene Knoten zu Tage. Dagegen sind die die Seiten der polygonalen Muskelsäulchen begrenzenden und die Knoten mit einander verbindenden Sarkoplasmabalken von grosser Zartheit. Es sind diese Verhältnisse in Figur 1 dargestellt.

Das Bild ist ein befremdendes und derjenige, welcher es zuerst sieht, muss sehr darauf achten, es richtig zu deuten.

Es machen sich nämlich die Knoten so sehr geltend, dass man sie für Querschnitte von Muskelsäulchen zu halten geneigt sein könnte, wenn man die zarten, die wirklichen Cohnheim'schen Felder, die hier wie immer nach der Vergoldung weiss bleiben, trennenden, feinen Verbindungsbrücken der Knoten übersehen würde.

Mir war dieses Bild freilich nicht so schwer zu entziffern, denn ich wurde sofort daran erinnert, dass ich bei Käfermuskeln schon ein ganz damit übereinstimmendes Bild gesehen hatte.

Es tritt dort bei Aphodiusarten und bei anderen Scarabäiden z. B. bei *Onthophagus*-Arten, bei *Rhizotrogus solstitialis* und *Hoplia squamosa* ganz regelmässig auf, und von dem an vorletzter Stelle genannten Käfer habe ich es in meinen Untersuchungen[1] über den Bau der quergestreiften Muskelfasern als besondere Specialität beschrieben und abgebildet.

[1] Denkschr. kais. Akad. der Wissenschaften in Wien. Bd. XLIX, S. 180 u. Taf. IV, Fig. 23.

Wir haben es also bei den Fledermausmuskeln mit einer auffallend überwiegenden Ansammlung von Sarkoplasma zwischen den Muskelsäulchen im Innern der Fasern zu thun.

Dadurch erhält auch die Längenansicht vergoldeter Fledermausmuskeln im Vergleich mit der Längenansicht, welche vergoldete Vertebratenmuskeln gewöhnlich zeigen, etwas Besonderes.

Eine vergoldete Faser der Länge nach gesehen, ist in Fig. 2 dargestellt. Man sieht an derselben eine grobe Längsstreifung, bedingt durch den Wechsel vergoldeter und nicht vergoldeter Theile der Muskelfaser. Weiss erscheinen die Muskelsäulchen, die gequollen und an den den Streifen *Z* entsprechenden Stellen eingeschnürt sind. Dazwischen finden sich die optischen Längsschnitte der stark roth gefärbten Verdickungen, der Sarkoplasmawände mit regelmässig folgenden, leichten Verbreiterungen, welche den Knotenreihen erster Ordnung entsprechen; man vergleiche in dieser Beziehung meine Untersuchungen etc. I. Theil, l. c. S. 170 u. d. f. und meine Abhandlung über die Flossenmuskeln des Seepferdchens l. c. S. 243.

Ich habe das Goldbild, welches ich nun beschrieben habe, bei allen Fledermäusen, die ich untersuchte, gefunden. Es waren *Vesperugo noctula* und *pipistrellus, Vespertilio murinus, Plecotus auritus* und *Rinolophus ferrum equinum* und *hyposideros*, für deren Bestimmung ich dem Collegen Prof. v. Mojsisovicz zu Dank verpflichtet bin.

Am schönsten ausgeprägt ist das Bild in den *Muscul. pectoralis major, serratus anticus* und *infraspinatus*. Es kehrt aber auch in allen anderen untersuchten Muskeln: *M. biceps brachii* mit *coraco brachialis; M. triceps brachii; M. deltoideus; M. cucullaris*; *M. latissimus dorsi* und *M. rhomboideus;* ferner in dem *M. quadriceps femoris* und den *M. adductores fem.* mit den Beugern wieder, nur zeigen sich bei etwas kleinerem Querschnitte der Fasern auch kleinere Knoten in denselben. Es ist das besonders bei den letztgenannten Extremitätenmuskeln der Fall. Abgesehen von diesen geringen und unwesentlichen Unterschieden wiederholt sich in allen Muskeln im Wesentlichen derselbe Bau. Für die Bestimmung der Muskeln und die Herstellung eines Orientirungspräparates danke ich bestens Herrn Collegen Prof. Zuckerkandl.

Ich werde nun, wie ich das auch in meinen früheren Muskelarbeiten gethan habe, die Goldbilder vergleichen mit den Bildern, welche man von Muskeln erhält, die man in Alkohol gehärtet und mit Hämatoxylin[1] gefärbt hat.

Ich mache darauf aufmerksam, dass hier rasches Härten ganz frischer Muskeln in starkem, 95gradigen Alkohol nothwendig ist, und dass man dieses dadurch erzielen muss, dass man frisch getödtete Thiere enthäutet und ausweidet, so dass, nachdem man auch noch den Kopf entfernt hat, nur die an den Knochen haftenden Muskeln noch vorhanden sind. Dagegen empfiehlt es sich nicht, Thiere in toto mit Haut und Haaren und Eingeweiden in Alkohol zu härten, weil im letzteren Falle die Muskeln Veränderungen erleiden, durch welche namentlich ihr Querschnittsbild ein wesentlich abweichendes Ansehen gewinnt. Darauf werde ich später zurückkommen.

Ein gut gelungenes, mit Hämatoxylin gefärbtes Präparat ist in Fig. 3 auf dem Querschnitte, in Fig. 4 auf dem Längsschnitte zu sehen.

Die Muskelsäulchen, Cohnheim'schen Felder, erscheinen auf dem Querschnitte blau gefärbt, durch feine, weisse Adern von einander getrennt. Diese laufen in weissen Knoten zusammen, welche bald von nur wenigen, bald von einer grösseren Anzahl von Muskelsäulchen-Querschnitten umstellt erscheinen.

Der Querschnitt, Fig. 3, zeigt zugleich einen schön blau gefärbten Kern an der Oberfläche der Muskelfaser zwischen der quergestreiften Substanz und dem Sarkolemma. Es ist das diejenige Lage der Kerne, welche an allen untersuchten Muskeln ausnahmslos vorhanden war.

Auf dem Längsschnitte der also behandelten Muskelfasern, Fig. 4, ist es wieder die grobe Längsstreifung, welche vor Allem in die Augen fällt. Die Muskelsäulchen, in ihren Gliedern *Q* am stärksten blau gefärbt, nehmen sich wie breite, lose neben einander liegende Bänder aus. Die Zwischenräume zwischen denselben erscheinen weiss, sie entsprechen den optischen Längsschnitten der stärkeren Sarkoplasma-Anhäufungen im Innern der Muskeln.

---

[1] Vergleiche Untersuchungen, l. c. Bd. LI, S. 24.

Die Muskelsäulchen und folglich auch die Zwischenräume zwischen denselben erscheinen meist nicht gerade gestreckt, sondern in der Regel nehmen sie einen geschwungenen Verlauf und man sieht in der Tiefe der weissen Zwischenräume bei einer bestimmten Einstellung die Contouren tiefer liegender Muskelsäulchen auftauchen und wieder verschwinden.

Die Anordnung von Muskelsäulchen und Sarkoplasma stimmt also an solchen Präparaten völlig überein mit dem, was die Goldbilder darüber lehrten.

Werden die Muskeln nicht, wie früher empfohlen wurde, rasch gehärtet, sondern verzögert sich die Härtung, wie das geschehen kann, wenn man Thiere in Alkohol ertränkt oder etwa nur mit abgeschnittenem Kopfe in Alkohol bringt, dann zeigen alle oder viele, oder nur wenige Querschnitte von Fasern in demselben Präparate das eigenthümliche Bild, welches in Fig. 5 dargestellt wurde.

Man sieht in einer gleichmässig dunkler gefärbten Masse helle, rundliche Felder, welche sich wie durchgeschlagene Löcher ausnehmen.

Als ich diese Bilder zuerst beobachtete, wurde ich sofort an die Abbildung, welche ich[1] früher einmal von dem Querschnitte der Herzmuskelfasern des Ochsen gegeben habe, erinnert.

Ich habe damals für die Muskeln des Ochsenherzens die Anschauung vertheidigt, dass die scharf begrenzten, runden, hellen Flecken des Querschnittes die Querschnitte von Längsspalten, von Zwischenräumen zwischen den Fibrillen darstellen, welche Spalten ich mit dem von Leydig und Kölliker kurz vorher für die Muskelfasern geltend gemachten Lückensysteme identificirte.

Nach unseren heutigen Anschauungen sind das die stärkeren Sarkoplasmadurchgänge im Innern der Muskelfasern und ihre Anordnung auf dem Querschnitte. Fig. 5 kann uns nach dem, was wir soeben über den Bau der Fledermausmuskeln gehört haben, nichts Unverständliches bieten.

Etwas Anderes ist es mit der Frage, warum in der Figur 5 nur die Knoten der Sarkoplasmawände zu sehen sind, dagegen die dünnen Verbindungsblätter der Knoten zwischen den Muskel-

[1] Diese Berichte, Bd. XXIV, l. c. und Fig. 5.

säulchen verwischt erscheinen und damit auch die Cohnheim'schen Felder des Querschnittes. Man kann sich das nur durch eine eigenthümliche Veränderung erklären, welche das Sarkoplasma oder die Muskelsäulchen oder beide zugleich erleiden und vermöge welcher das Sarkoplasma aus den engen Zwischenräumen zwischen den Muskelsäulchen bis zur Unkenntlichkeit verdrängt wird. An mit Hämatoxylin gefärbten Präparaten erscheinen solche Muskelfaserquerschnitte gleichmässig blau bis auf die runden Felder, welche weiss bleiben.

Ich habe schon wiederholt die Anschauung vertheidigt, dass das Sarkoplasma der Muskeln den Grad von Plasticität, welchen man ihm zuschreiben muss, noch beibehält, während schon die Muskelsäulchen unter dem Einfluss von Reagentien bestimmte Formveränderungen erleiden, weil sich nur so die Säurebilder, die Goldbilder, die Bilder, welche Alkoholmuskeln oder langsam unter den Augen des Beobachters absterbende Muskeln im Vergleich mit lebend untersuchten Muskelfasern zeigen, erklären. In die Reihe dieser Vorgänge muss auch die Veränderung gestellt werden, welche beim langsamen Absterben der Muskeln in Alkohol das Bild des Querschnittes hervorbringt, welches in Fig. 5 dargestellt wurde.

Wir können demselben ein wahres Gegenbild zur Seite stellen, welches an Fledermausmuskeln gefunden wird, die in Müller'scher Flüssigkeit gehärtet worden sind. Ein solches Bild stellt die Figur 6 dar. An diesem sieht man die Sarkoplasmabrücken zwischen den einzelnen Muskelsäulchen und Knoten alle verbreitert, die Muskelsäulchen rundlich und völlig von einander isolirt. Die beiden Bilder, Fig. 5 und 6, sind bei tiefer Einstellung gezeichnet und darauf ist sehr wohl zu achten.

Bei hoher Einstellung kehrt sich Hell und Dunkel in jedem um. Würde man aber z. B. Fig. 5 bei hoher und Fig. 6 bei tiefer Einstellung neben einander betrachten, so würden sie beide einander zum Verwechseln ähnlich sehen. Dass man nicht in der That in die Lage komme, die Muskelsäulchen in dem einen Bilde mit den Sarkoplasmadurchgängen in dem anderen zu verwechseln, erreicht man also nur dadurch, dass man dem mit dem Wechsel der Einstellung einhergehenden Wechsel von Hell und Dunkel die sorgfältigste Beachtung zuwendet.

Ich habe jetzt noch anzugeben, ob man auch an ganz frisch, ohne Zusatz unter dem Mikroskope untersuchten, einem lebenden Muskel entnommenen Präparaten die eigenthümliche Anordnung von Sarkoplasma und Muskelsäulchen wahrnimmt, welche wir den Fledermausmuskeln auf Grund unserer bisherigen Beobachtungen zuschreiben müssen. Das ist der Fall. Fürs erste sieht man sofort die deutliche und grobe Längsstreifung. Hätte man immer nur frische Fledermausmuskeln zur Ansicht bekommen, so hätte man wahrscheinlich niemals an der fibrillären Natur des Inhaltes der quergestreiften Muskelfasern im lebenden Zustande gerüttelt. Im Gegentheile, man hätte diesen Muskeln gerade sehr dicke und deutlich sichtbare Fibrillen zuschreiben müssen. Es gelingt aber nicht bloss auf dem Längsschnitte frischer Fledermausmuskeln die Eigenthümlichkeiten derselben zu sehen. Man wird bei Anfertigung von zahlreichen Präparaten auch bald solche finden, wo sich Schrägschnitte oder auch reine Querschnitte der Fasern so präsentiren, dass man an denselben völlig überzeugende Beobachtungen machen kann.

Man kann dann solche Präparate, ohne dass das Bild wesentliche Veränderungen erleidet, durch kurzdauernde Einwirkung von einprocentiger Überosmiumsäure fixiren und in Glycerin einschliessen. Nach einem solchen Präparate ist der Querschnitt, Fig. 7, gezeichnet.

Es scheint mir nun noch eine Thatsache bemerkenswerth zu sein. Sie betrifft eine gewisse Ähnlichkeit, welche die Fledermausmuskeln mit den Herzmuskeln besitzen; auch in den letzteren bedingen grössere Ansammlungen von Sarkoplasma in ihrem Innern die bekannte deutliche Längsstreifung, welche sie zeigen, und welche besonders von Ranvier hervorgehoben wurde.

Auch auf dem Querschnitte zeigen die Herzmuskeln breite und stellenweise verdickte Sarkoplasmabalken zwischen den Muskelsäulchen. Die letzteren haben aber eine sehr mannigfache Gestalt.

Ich kann hier eine inzwischen von Kölliker[1] beobachtete und veröffentlichte Thatsache bestätigen, welche mir schon im

[1] Kölliker, Sitzungsber. der Würzburger physik. med. Gesellschaft. III. Sitzung vom 19. Jänner 1889.

vorigen Herbste bei einer Untersuchung des Herzfleisches vom Menschen, vom Hunde, Pferde und Schweine bekannt geworden ist.

In den Herzmuskelfasern haben die Muskelsäulchen oft die Form radiär gestellter Blätter. Am meisten beständig und schön fand ich das am Hundeherzen; am Herzen des Menschen und des Pferdes kommt es auch vor. Allein hier kommen, wie das auch Kölliker anführt, auch schon viele rundliche und prismatische Muskelsäulchen, namentlich im Innern der Querschnitte oder auch über dem ganzen Querschnitte vor. Das letztere ist beim Schweine der häufigste Fall.

In allen diesen Fällen ist aber die die grobe Längsstreifung der Muskelzellen bedingende, reichliche Menge von Sarkoplasma zwischen den Muskelsäulchen auffallend.

Ich habe aber nun den vorhergehenden Mittheilungen über den Bau der Muskelfasern der Fledermäuse noch eine weitere Mittheilung anzufügen, welche die Zusammensetzung der durchgehends roth gefärbten Muskeln dieser Thiere betrifft und die letztere zu vergleichen mit der Zusammensetzung der Muskeln einiger anderer Thiere.

Die Muskelfasern der Fledermäuse sind dünne, zarte Fasern. Fig. 8 stellt den Querschnitt eines Bündels aus dem Brustmuskel eines *Vespertilio murinus* dar. Man vergleiche damit Fig. 9, 10 und 11, welche der Reihe nach Querschnitte von Fasern aus rothem Kaninchenmuskel *(M. semitendinosus)*, aus weissem Kaninchenmuskel *(M. adductor magnus)* und aus dem Gastrocnemius des Frosches darstellen. Alle Schnitte rührten von in 95%igem Alkohol gehärteten, in derselben Weise behandelten Muskeln her. Sie wurden alle mit dem Zeichenprisma bei Hartnack Object 4, unter völlig gleichen Bedingungen gezeichnet. Sie können also für unsere Zwecke mit genügender Genauigkeit zu directem Vergleiche benützt werden.

Man sieht nun an diesen Schnitten ausser der schon berührten Zartheit der Fledermausmuskeln, von welcher ich hervorhebe, dass sie in ähnlicher Weise in allen Muskeln aller untersuchten Species wiederkehrt, noch das Folgende. In dem Fledermausmuskel kommen Schwankungen der Grösse der Querschnitte vor, welche sich aber in sehr engen Grenzen halten, so dass der Querschnitt den Eindruck einer gewissen Gleichförmigkeit der Felderung hervorruft.

Es ist das, wie man bei Vergleichung der Muskeln verschiedener Thiere finden wird, der seltenere Fall. Gewöhnlich zeigen die einen Muskel zusammensetzenden Fasern ein sehr verschiedenes Kaliber. Das ist z. B. sehr ausgesprochen zu sehen an den Froschmuskeln (Fig. 11), wo neben sehr grossen Faserquerschnitten sehr kleine Faserquerschnitte und dazwischen liegende Grössen vorhanden sind.

Das Verhältniss der Zahl der grösseren und kleineren Querschnitte ist in den einzelnen Muskeln ein wechselndes.

Ähnliches sieht man nun in den Muskeln zahlreicher Säuger. Ja selbst an den weissen Kaninchenmuskeln, Fig. 20, welche die überwiegende Anzahl der Skelettmuskeln des Kaninchens ausmachen, sind sehr grosse Schwankungen in den Durchmessern der Faserquerschnitte vorhanden, dagegen verhalten sich die rothen Kaninchenmuskeln, zu welchen nur wenige bestimmte Muskeln dieses Thieres zählen, anders. Hier findet man eine mehr gleichförmige Felderung des Querschnittes, weil auch hier die Schwankungen der Grösse der Faserquerschnitte sich in engen Grenzen halten.

Nachdem ich die beschriebenen Eigenthümlichkeiten der Fledermausmuskeln in Erfahrung gebracht hatte, interessirte es mich begreiflicherweise, etwas über die physiologischen Eigenschaften derselben zu erfahren. Zunächst wollte ich Einzelzuckungen der Muskeln sich verzeichnen lassen. Man stösst aber bei solchen Versuchen auf nicht unerhebliche Schwierigkeiten.

Zunächst ist die Immobilisirung der Thiere nicht in der erwünschten Weise zu erreichen. Nach erfolglosen Versuchen, das auf andere Weise zu erzielen, blieb ich bei zwei Methoden. Ich durchschnitt den Thieren das Rückenmark kurz nach seinem Abgange vom verlängerten Marke und überdies die Nerven der Muskeln, welche untersucht werden sollten, oder die Thiere wurden chloralisirt, indem ich ihnen unter die Haut des Rückens 0·15 cm^3 einer Lösung von Chloralhydrat spritzte, welche auf 100 Theile Wasser 20 *g* Chloralhydrat enthielt. Auf die Dose von 0·03 *g* schlafen die Thiere bald ein und sind dann lange zu Versuchen brauchbar. Die Muskeln wurden immer direct durch passend aufgesetzte Elektroden gereizt.

Die Zuckungen wurden aufgeschrieben mittelst des Myographion von Marey, auf dessen Korkplatte die Thiere mittelst

Stecknadeln befestigt wurden, nachdem der Muskel mit dem Hebel verknüpft war. Die ganze Anordnung der Versuche und des Reizapparates war dieselbe, welche ich in meinen Beiträgen [1] zur Physiologie der Muskeln beschrieben habe.

Die Experimente wurden zum grössten Theile an *Vespertilio murinus* gemacht, nur wenige Versuche machte ich an *Rinolophus ferrum equinum* und *hyposideros*.

Die Muskeln, an welchen die Versuche angestellt wurden, waren der *M. pectoralis major*, der *M. biceps* und *triceps brachii* und die Adductorengruppe des Schenkels.

Die Tafel III, Fig. 12, 13, 14 und 15, zeigt durch einzelne Öffnungsinductionsschläge bei mässiger Belastung erhaltene Einzelzuckungen der genannten Muskeln. Die Stimmgabelschrift bedeutet ein Hundertstel Secunden.

Wie man sieht, ist der Zuckungsverlauf der einzelnen Muskeln kein wesentlich verschiedener. Aus der Reihe aller mir vorliegenden Zuckungscurven der verschiedenen Muskeln berechnete ich im Mittel für das Stadium der latenten Reizung 0·025 Secunden, für den aufsteigenden Curventheil 0·146 Secunden, für den absteigenden Curventheil 0·350 Secunden, also für die Zuckungsdauer 0·496 Secunden.

Darnach erscheinen unsere Muskeln träger als alle Froschmuskeln nach den Angaben von Cash (0·300—0·104 Secunden Zuckungsdauer), aber flinker als alle Schildkrötenmuskeln (1·800 bis 0·550 Secunden Zuckungsdauer); flinker als die rothen Kaninchenmuskeln (etwa 1·0 Secunde Zuckungsdauer), aber viel träger als die weissen Kaninchenmuskeln (0·25 Secunden Zuckungsdauer). Sie würden unter den Käfermuskeln (0·112 bis 0·527 Secunden Zuckungsdauer) den trägsten nahestehen.

Ich habe mich viel bemüht, von den Muskeln der Fledermäuse rasche Zuckungen zu erhalten, indem ich möglichst sorgfältig und rasch präparirte und die Reizstärke genau abstufte, allein es ist mir das niemals gelungen.

Nichtsdestoweniger will ich das Resultat, dass die Muskeln der Fledermäuse durchaus zu den trägen Muskeln gehören, doch nur mit aller Vorsicht hinstellen. Man weiss ja, wie rasch die

---

[1] L. c. Bd. LIII.

flinken Muskeln geschädigt werden und die Art, wie wir die Thiere für die Versuche herrichten mussten, könnte doch eine frühzeitige Schädigung flinker Antheile der Muskeln herbeigeführt haben.

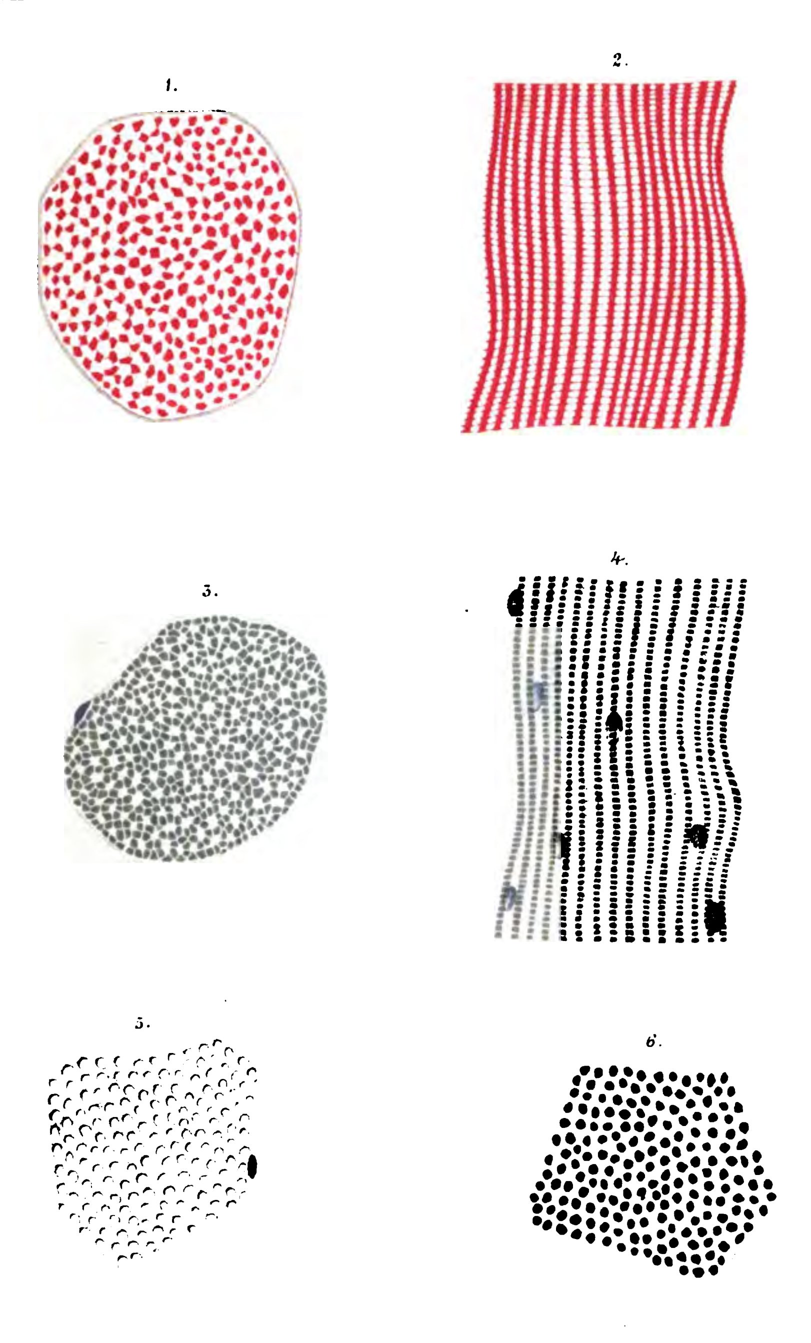
Wahrscheinlich ist das aber nach dem anatomischen Befunde an den Muskeln nicht. Mit der Annahme, dass die Fledermausmuskeln aus trägen Muskelfasern aufgebaut sind, stimmen endlich auch alle Tetanusversuche überein.

Ich habe in dieser Beziehung alle genannten Muskeln geprüft und im Ganzen sehr übereinstimmende Resultate erhalten. Die Art, wie der Tetanus entsteht und die Ausdauer in demselben, weisen immer nur auf träge Fasern in den Fledermausmuskeln hin.

Auf Tafel IV, Fig. 16, ist ein Versuch an der Adductorengruppe des Schenkels mitgetheilt. Er stellt etwas über 2½ Secunden währende Tetani, die sich in Pausen von nahe einer Minute wiederholen, bei Reizfrequenzen dar, die zwischen 6—24 in der Secunde liegen.

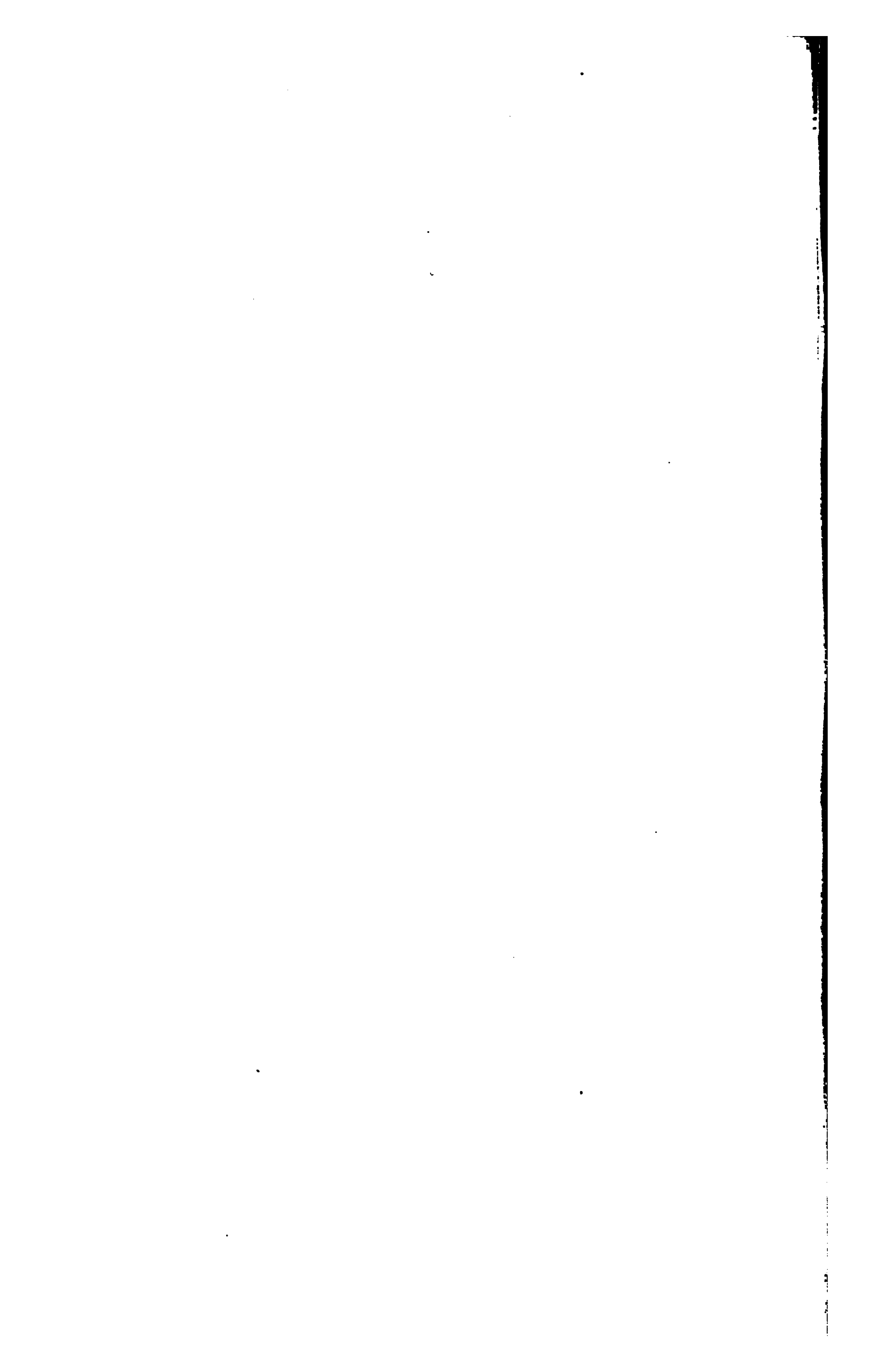
Er ist erhalten mit den Mitteln, die ich in meinen Beiträgen zur Physiologie der Muskeln beschrieben habe. Und zwar ist nur der erste und fünfte und achte Versuch aus der Reihe der Versuche ausgewählt. Der Muskel war bei dem Versuche mit 15 *g* belastet und wiederholte die durch Pausen getrennten Tetani bis zum Ende des Versuches VIII, während nahezu einer Stunde 56 Mal. Die Curven zeigen, dass seine Leistungsfähigkeit dabei nur allmählich abnimmt. Ganz ähnliche Versuche liegen mir, wie gesagt, von den übrigen untersuchten Muskeln vor.

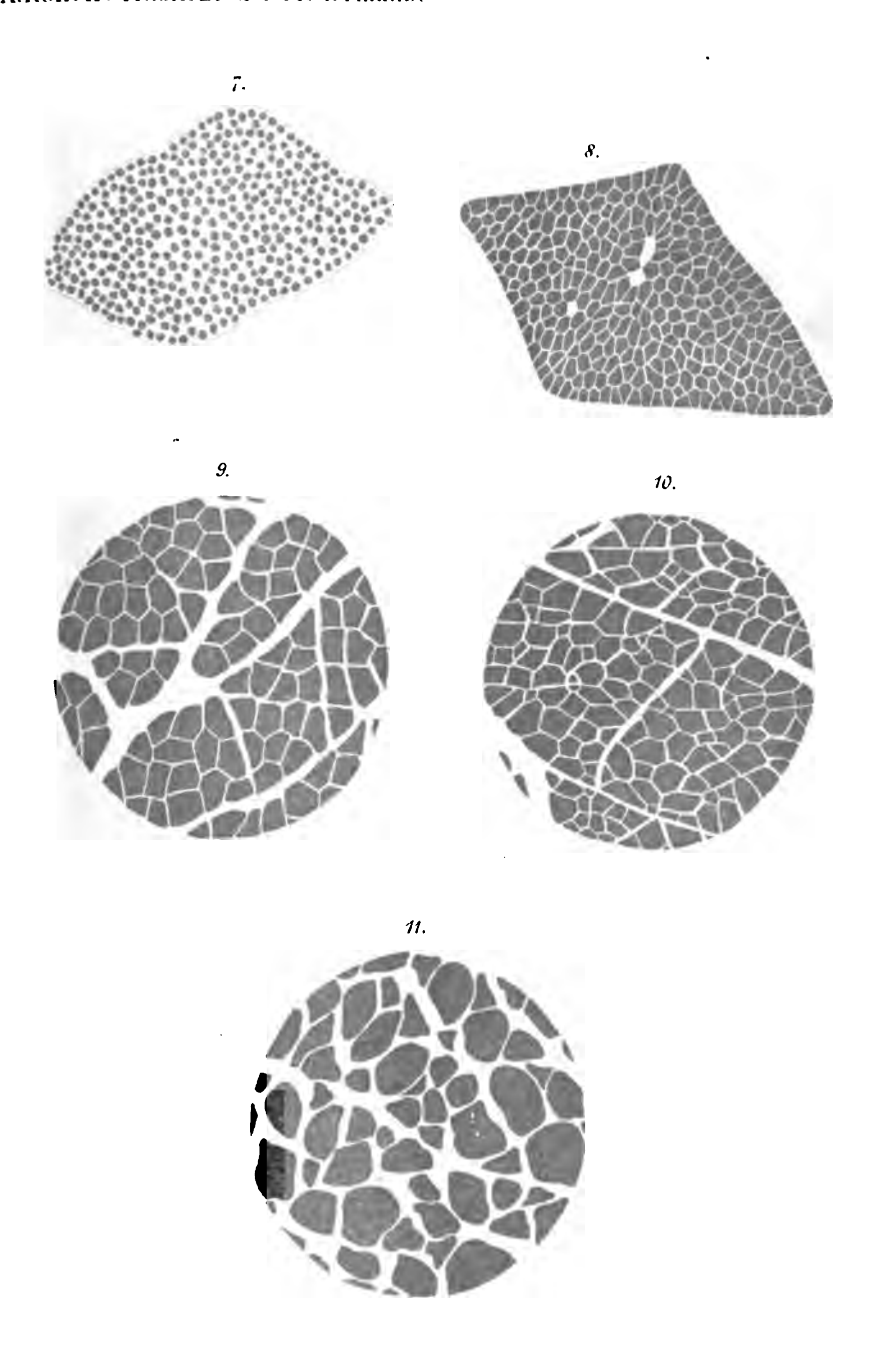
So viel bin ich bis jetzt im Stande über die Muskeln der Fledermäuse mitzutheilen. Sollte sich die gleichförmige Zusammensetzung der Muskeln dieser Thiere bestätigen, dann dürften vielleicht grosse Chiropteren, z. B. fliegende Hunde, willkommene Versuchsthiere für die Entscheidung allgemeiner Fragen werden.



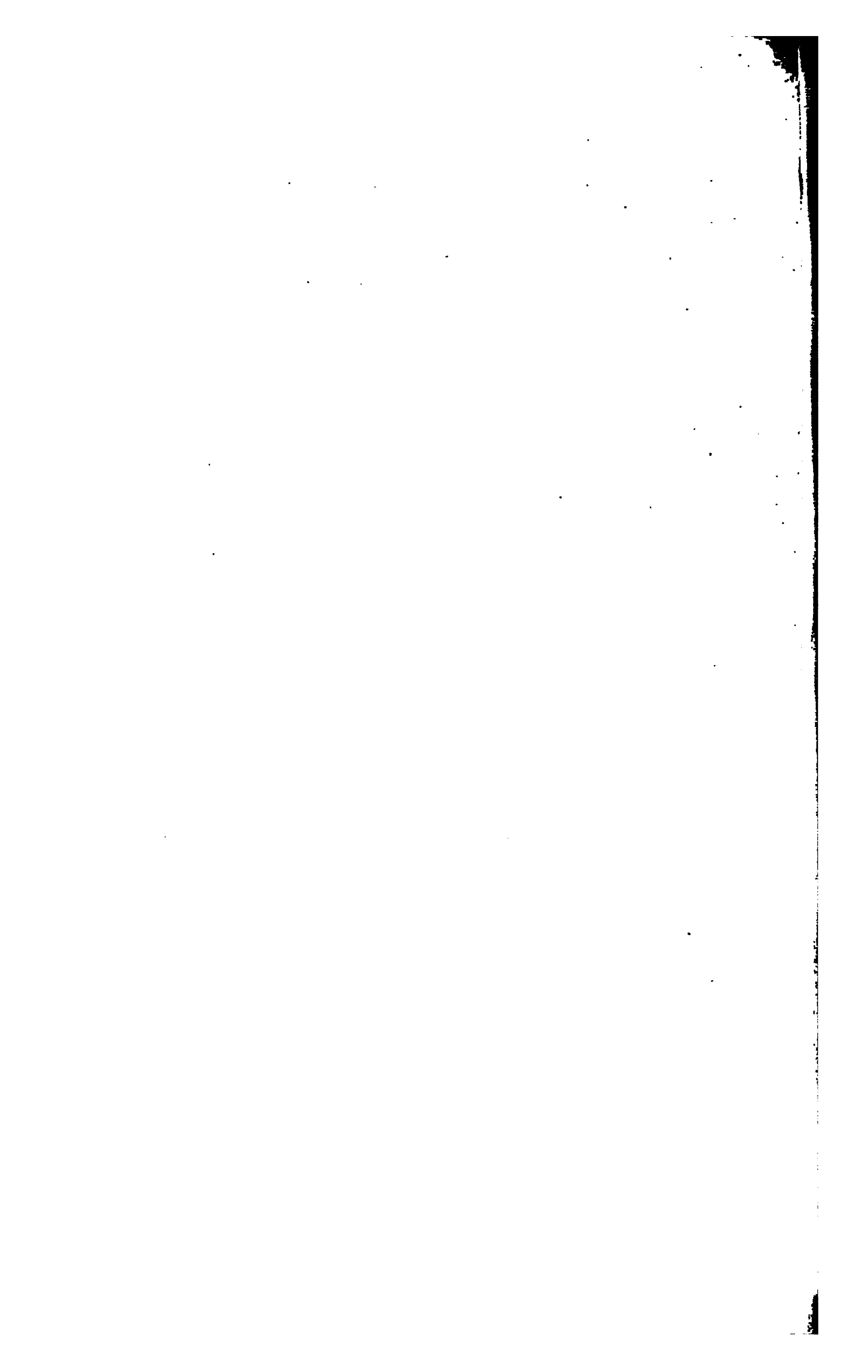
Autor delin.

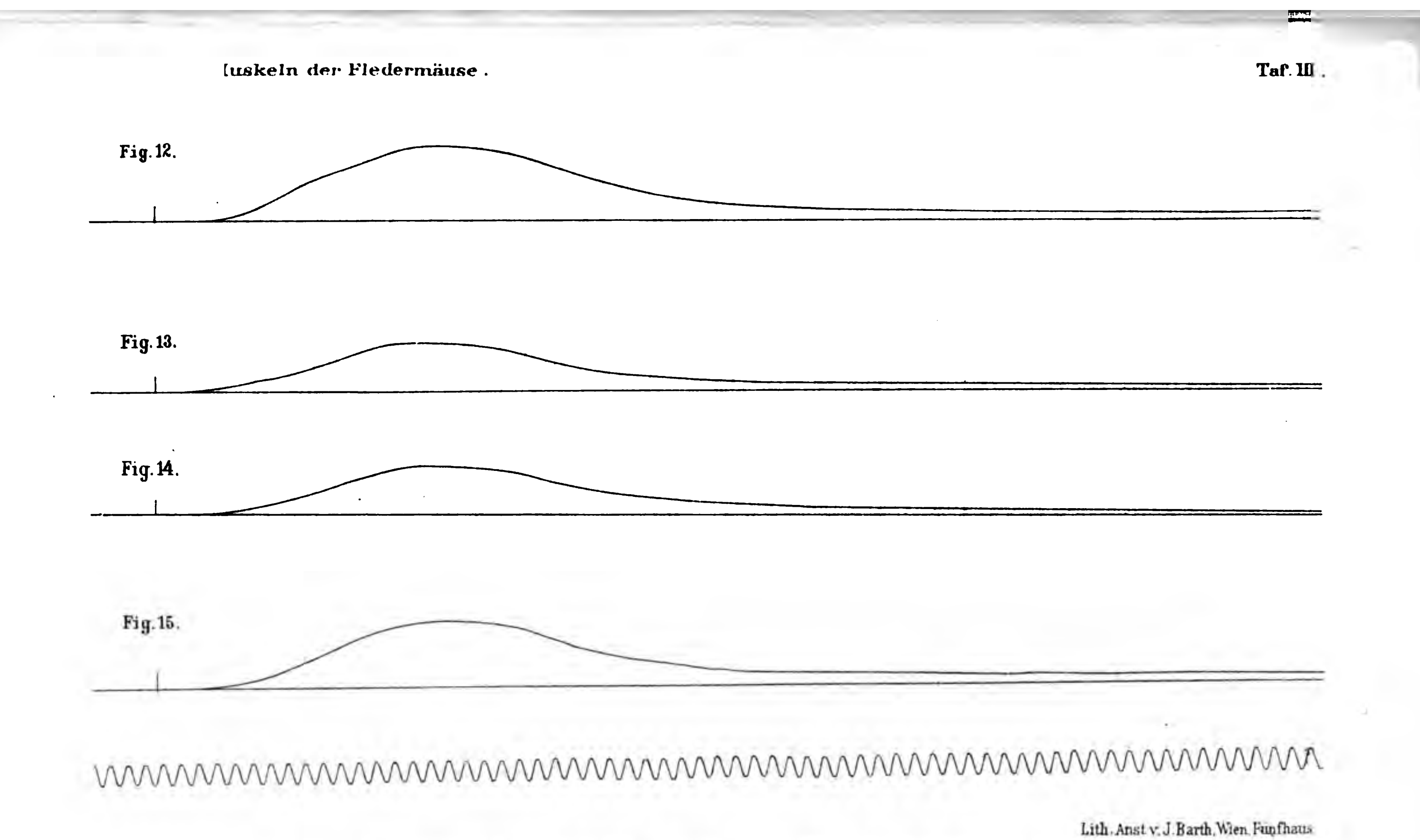
Lith. Anst. v. Th. Bannwarth Wien, VII Bez.





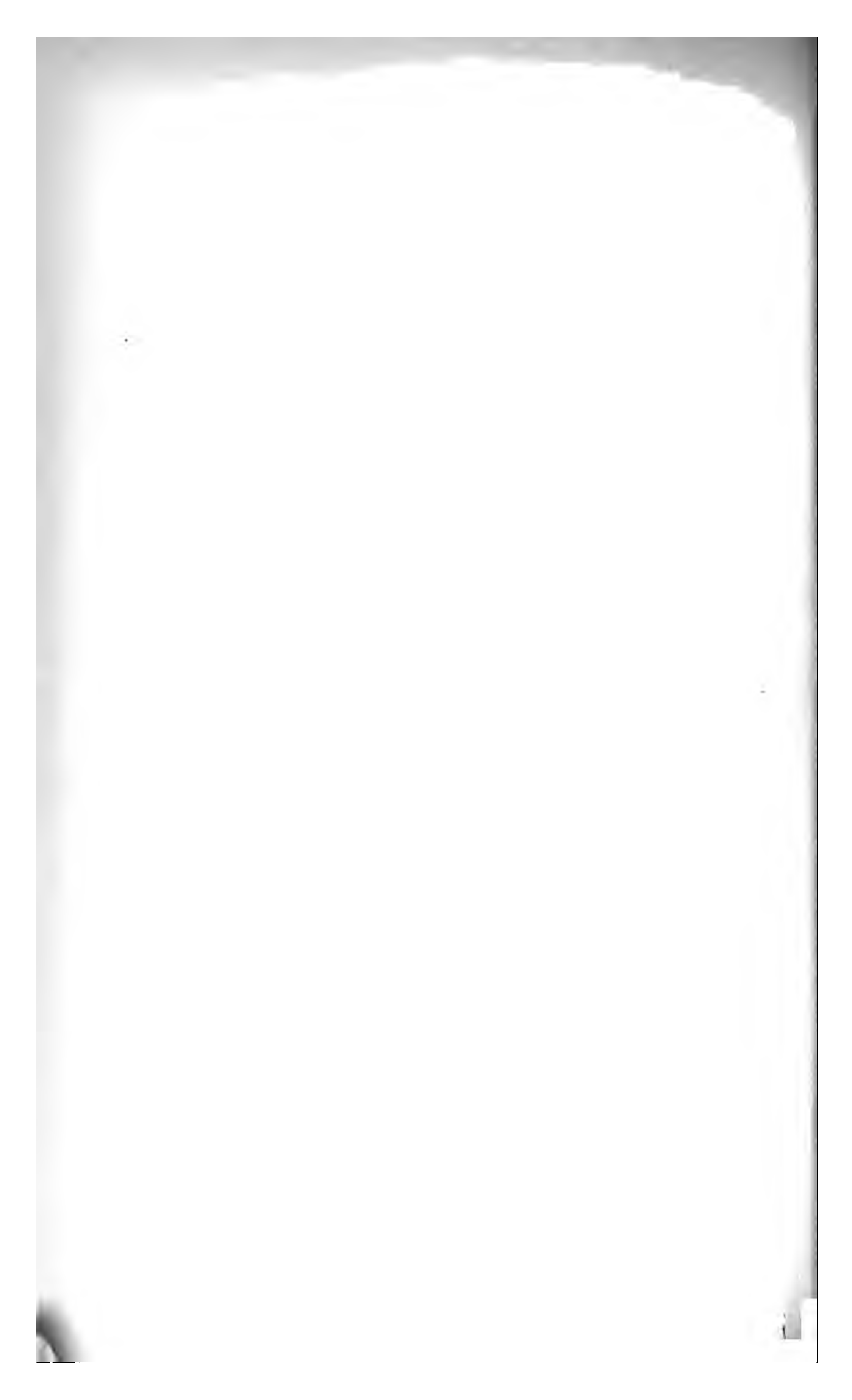
7.
8.
9.
10.
11.

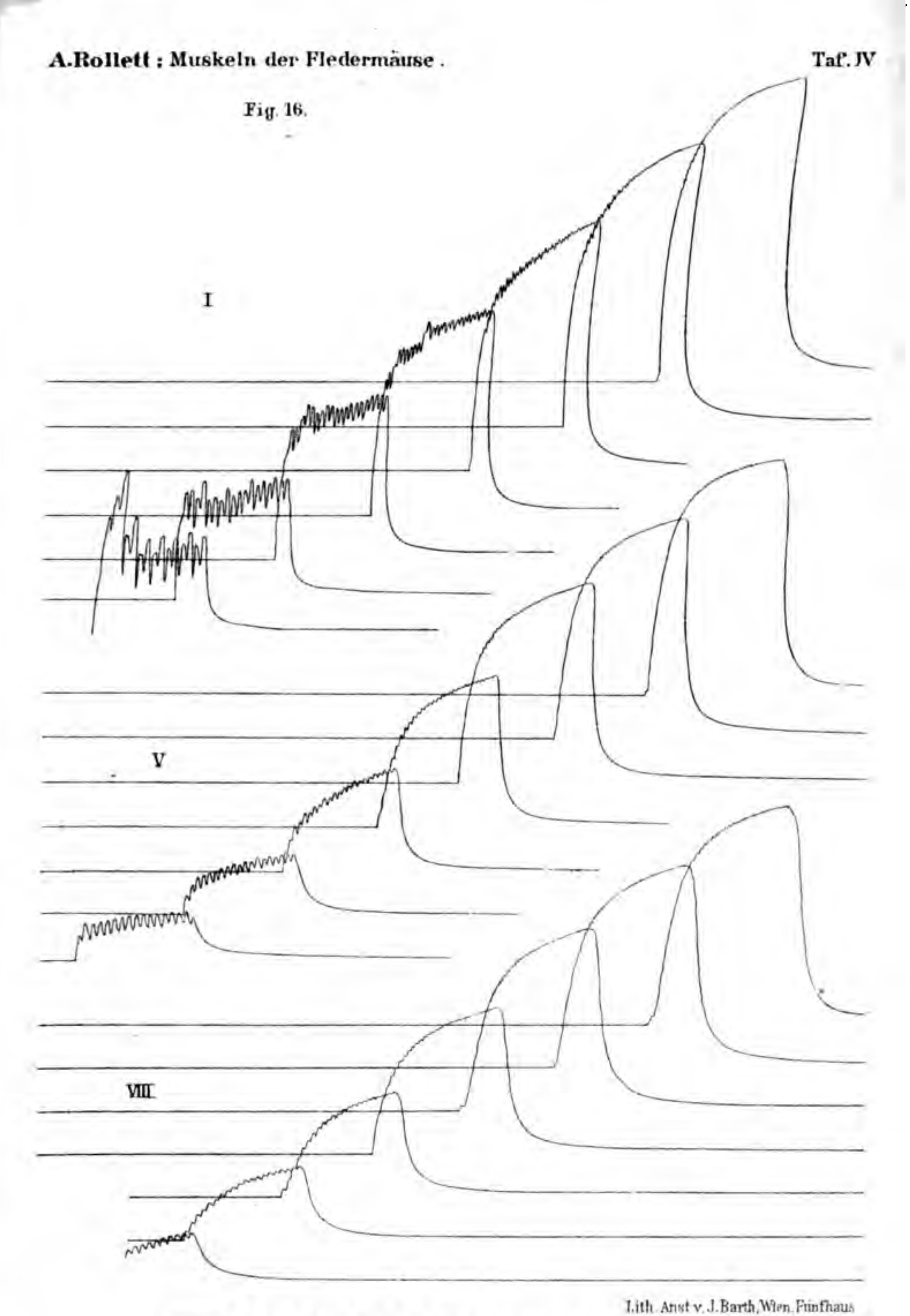




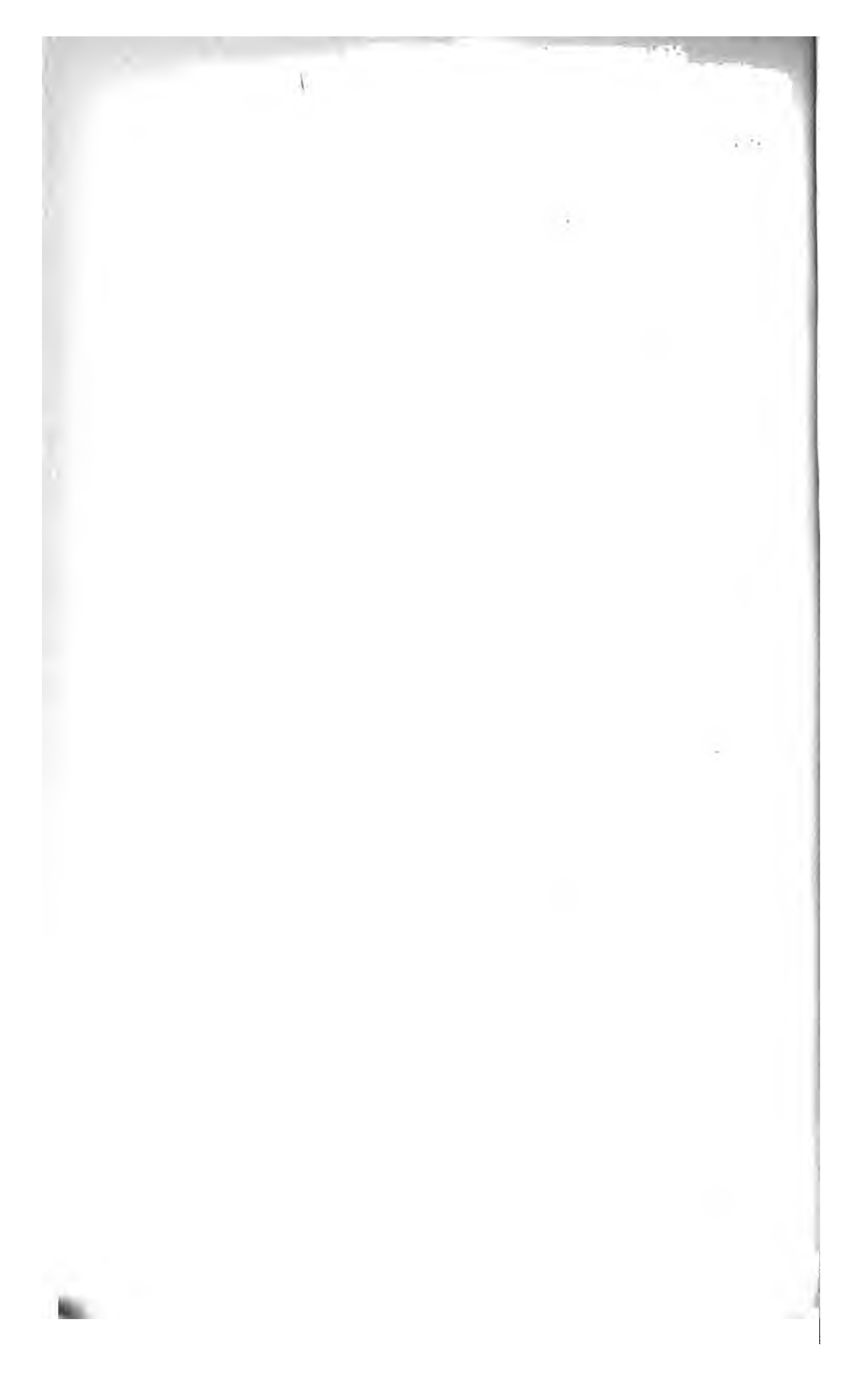
Lith. Anst v. J. Barth, Wien, Fünfhaus

Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss. math.-naturw. Classe Bd. XCVIII. Abth. III. 1889.





Lith. Anst v. J. Barth, Wien, Fünfhaus



Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Fig. 1. Querschnitt einer vergoldeten Muskelfaser aus dem *M. serratus antic.* von *Vespertilio murinus.*
„ 2. Längenansicht einer vergoldeten Muskelfaser von demselben Orte.
„ 3. Querschnitt einer Muskelfaser aus dem *M. pectoralis major* von *Vesperugo pipistrellus.*
„ 4. Längenansicht einer Muskelfaser von demselben Orte. Die zwei letzten Figuren in Alkohol gehärteten, mit Hämatoxylin gefärbten Muskelfasern entstammend.
„ 5. Querschnitt einer Muskelfaser aus dem *M. infraspinatus* von *Vespertilio murinus.*
„ 6. Querschnitt einer Muskelfaser aus dem *M. pectoral. maj.* von *Plecotus auritus.*

Tafel II.

Fig. 7. Querschnitt einer Muskelfaser aus dem *M. serratus antic.* von *Rinolophus ferrum equinum.*
„ 8. Querschnitt eines Muskelfaserbündels aus dem *Mus. pector. major* von *Vespertilio murinus.*
„ 9. Querschnitt durch einen rothen Kaninchenmuskel.
„ 10. Querschnitt durch einen weissen Kaninchenmuskel.
„ 11. Querschnitt aus dem *M. gastrocnemius* vom Frosche.

Tafel III.

Zuckungscurven von Fledermausmuskeln (*Vespertilio murinus*).
Fig. 12. *Musc. pector. major.*
„ 13. *Musc. biceps brachii.*
„ 14. *Musc. triceps brachii.*
„ 15. *Musc. adduct. fem.*

Tafel IV.

Fig. 16. Tetani bei verschiedener Reizfrequenz der *Musc. adduct fem.* von *Vespertilio murinus.*

Über die Entwicklung der Fibrillen des Bindegewebes

von

Basilius Lwoff,

Assistent an dem Cabinete der vergleichenden Anatomie der Universität Moskau.

(Mit 2 Tafeln.)

Seit Schwann's berühmten „Mikroskopischen Untersuchungen" wurde die Entwicklung der Fibrillen des Bindegewebes von vielen Histologen untersucht; dessen ungeachtet herrscht bis jetzt über diese Frage keine Übereinstimmung. Wie bekannt, kam Schwann bei der Untersuchung der Entwicklung des fibrillären Bindegewebes im subcutanen Bindegewebe von Schweinsembryonen zu dem Schlusse, dass die Fibrillen aus der Substanz der Bildungszellen sich entwickeln, und zwar so, dass jede Zelle in ein kleines Faserbündel sich verwandelt.[1] Fast gleichzeitig mit der Schwann'schen Lehre wurden noch zwei Ansichten über die Entwicklung der Bindegewebsfibrillen ausgesprochen. Nach der Ansicht von Valentin[2] entwickeln sich die Fibrillen aus Zellsubstanz, aber jede Zelle verwandelt sich, indem sie sich bedeutend verlängert, in eine lange Fibrille, nicht in ein ganzes Fibrillenbündel. Nach der Ansicht von Henle[3] dagegen entstehen die Bindegewebsfibrillen nicht aus den Zellen, sondern aus der Intercellularsubstanz ohne Betheiligung der Zellen. Diese drei Ansichten, welche in den ersten Zeiten der neueren Histologie ausgesprochen wurden, fanden, wie in früherer, so auch in neuerer

---

[1] Schwann, Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. S. 135 bis 140.

[2] Wagner, Handwörterbuch der Physiologie. Band I, Seite 670.

[3] Henle, Allgemeine Anatomie. 1841.

Zeit ihre Vertreter. Ich werde nicht die weitläufige, darauf bezügliche Literatur hier ausführlich angeben, sondern nur so viel davon berühren, als nothwendig ist, um die Meinungsdifferenzen über die Entwicklung der Bindegewebsfibrillen darzulegen.

Die Schwann'sche Ansicht fand in der neueren Zeit den bedeutendsten Anhänger in Franz Boll,[1] der seine Untersuchungen an der Arachnoides, am subcutanen Bindegewebe und an den Sehnen von Hühnerembryonen angestellt hat und zu dem Schlusse gekommen ist, dass die Fibrillen sich aus dem Protoplasma der Embryonalzellen bilden, gewöhnlich zuerst an den zwei entgegengesetzten Polen der sich hierbei etwas in die Länge ziehenden Zellen; jede Embryonalzelle verwandelt sich in ein Büschel von Fibrillen; diese kurzen Fibrillen aber verschmelzen der Länge nach zu längeren, so dass an der Bildung einer einzigen Bindegewebsfibrille mehrere Zellen participiren.[2]

Die Ansicht von Valentin wurde von Kusnetzoff und Obersteiner vertreten. Der erstere untersuchte die Entwickelung der Bindegewebsfibrillen in der Cutis, der letztere in den Sehnen. Nach ihren Angaben entwickeln sich die Bindegewebsfibrillen auch aus den Zellen. Aber sie stimmen Schwann darin nicht bei, dass die Zellenfortsätze sich auffasern und aus einer Zelle ein ganzes Fibrillenbündel sich bilden soll. Nach ihren Beobachtungen verlängern sich die Fortsätze der in zwei entgegengesetzten Richtungen ausgewachsenen Zellen immer mehr und wandeln sich in echte Bindegewebsfibrillen um, so dass aus einer Zelle nur eine einzige Fibrille sich bildet.

Was die Intercellularsubstanz betrifft, welche zwischen den Bildungszellen des Bindegewebes sich befindet, so halten ebenso Boll, wie auch Kusnetzoff dieselbe für eine seröse, mucinhaltige Flüssigkeit, die aus den Gefässen sich ergiesst, und nur nach dem Tode durch die Behandlung mit Alkohol und anderen erhärtenden Flüssigkeiten einen gewissen Grad von Consistenz und Körperlichkeit erreicht. Daher nennt Boll diese Substanz eine Intercellularflüssigkeit, nicht aber eine Intercellularsubstanz im histologischen Sinne.

---

[1] Archiv für mikrosk. Anatomie. Bd. VIII, S. 28.

[2] Loc. cit. S. 60—64.

[3] Beide Arbeiten in den Wiener akad. Sitzungsber. LVI. Bd. 1867.

Ähnlich wie Kusnetzoff und Obersteiner sprach sich auch Krause [1] über die Entwicklung des Bindegewebes aus. Die Bindegewebsfibrillen entstehen aus Zellenausläufern, nicht aus Intercellularsubstanz. Nach seinen Beobachtungen (über die Entwicklung der Sehne) besteht das fibrilläre Bindegewebe aus kerntragenden Zellen, die er Inoblasten nennt. Man kann an jedem Inoblast sein kernhaltiges Mittelstück und seine Ausläufer (Bindegewebsfibrillen) unterscheiden, und Krause glaubt, dass es im fibrillären Bindegewebe gar keine Intercellularsubstanz gibt, mit Ausnahme der die Spalten durchtränkenden Gewebsflüssigkeit.

Eine principiell von den angeführten Anschauungen verschiedene haben die Anhänger Henle's, da sie die Hauptrolle bei der Entwicklung der fibrillären Substanz des Bindegewebes der Intercellularsubstanz zuschreiben. Diese Ansicht hat jetzt den eifrigsten Anhänger in Ranvier. [2]

Rollett [3] kam bei seinen Untersuchungen der Entwicklung des Netzes und der Sehnen zum Schlusse, dass die Fibrillen in der Zwischensubstanz sich entwickeln. Die letztere aber betrachtet er nicht als Intercellularsubstanz, sondern er glaubt, dass diese Zwischensubstanz aus einer Metamorphose der Zellsubstanz selbst entsteht. Später sprach sich Rollett bestimmter zu Gunsten der Ansicht aus, nach welcher die Fibrillen ihren Ursprung der Zellsubstanz verdanken, [4] obgleich er auch bei wiederholten Untersuchungen findet, dass im Netze die Fibrillen in der Zwischensubstanz sich entwickeln, aber auf Grund seiner Untersuchungen über die Entwicklung der Bindegewebsfibrillen in der Nabelschnur und in der Sehne muss er annehmen, dass die Fibrillen in den äusseren umwandelten Theilen der ausgewachsenen Bildungszellen entstehen, und er glaubt, dass die Bedingungen für die Entstehung der Fibrillen im grossen Netze auch in der den umwandelten Aussentheilen der Bildungszellen entstammenden

---

[1] Krause, Die Bedeutung des Bindegewebes. (Separatabdruck aus Göschen's Deutscher Klinik. 1871. Nr. 20.)

[2] Traité technique d'Histologie, besonders S. 405—406 und 419—420.

[3] Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. 1871.

[4] Über die Entwicklung des fibrillären Bindegewebes. (Untersuchungen aus dem Institute für Physiologie und Histologie in Graz. 1872. S. 257.)

Zwischensubstanz realisirt sein müssen, ähnlich wie in den fibrillenbildenden Theilen der Bildungszellen der Nabelschnur und der Sehne. Schliesslich verweise ich noch auf zwei neuere Arbeiten von Ravogli und von Ognew. Obgleich die thatsächlichen Resultate, zu denen beide Verfasser kommen, ganz entgegengesetzt sind, so stimmen sie doch in der Meinung miteinander überein, dass die Discussionen über die Entwicklung der Bindegewebsfibrillen heutzutage nicht mehr die Bedeutung haben, die sie ehemals hatten.

Ravogli [1] (Entwicklung der Cutis) fand, dass Bündel von Fibrillen aus den Zellen entstehen. Daher glaubt er, dass Fibrillen durch Zerspaltung der Zellenleiber im Sinne Schwann's sich bilden. Für bedeutungslos hält Ravogli die Discussionen über die Entstehung der Fibrillen im Hinblicke auf die Untersuchungen Stricker's und seiner Schüler, aus denen hervorgeht, dass Grundsubstanzen und Zellenleiber gegenseitig ihre Grenzen verschieben. Mit dieser Meinung kann ich keineswegs übereinstimmen. Wenn es wahr ist, dass die Zellen in krankhaften Fällen an Umfang zunehmen und die sie umgebende Grundsubstanz in sich aufnehmen (wie aus den von Ravogli angeführten Untersuchungen hervorgeht), dann gewinnt die Frage von der Entstehung dieser Grundsubstanz eine desto grössere Wichtigkeit.

Ognew [2] (Entwicklung des Netzes) kam zu anderen Resultaten. Er glaubt, dass ein Übergang der Zellausläufer in die sich bildenden Fibrillen nicht als möglich anzunehmen ist, weil keine beständige Beziehung zwischen der Richtung der Fibrillen und derjenigen der Zellenausläufer existire, vielmehr die Zellenausläufer die sich bildenden Fibrillen in allen möglichen Richtungen quer durchkreuzen.

Was die Beziehung der Zellen zur Fibrillenbildung betrifft, so glaubt Ognew, dass die Zellen einen Einfluss auf die Fibrillenentstehung haben, was schon daraus folgt, dass dieselben nur da, wo früher Zellen vorhanden waren, entstehen. Aber er glaubt,

---

[1] Untersuchungen über den Bau, die Entwicklung und Vereiterung der Cutis. (Wiener medic. Jahrbücher. 1878.)

[2] Zur Frage von der morphologischen Bedeutung des fibrillären Bindegewebes. (Archiv für Anatomie etc. Anatomische Abtheilung. 1885. S. 437—450.)

„dass daran die Zellen weder mit ihrer Masse, noch mit ihrem Körper Antheil nehmen. Mehr eingehend beim jetzigen Stand der Wissenschaft die Frage von deren Ursprung aufzuklären zu suchen, kann auch kaum von Bedeutung sein, noch irgend ein Gewicht für die Wissenschaft haben“. [1] Welchen Einfluss die Zellen auf die Fibrillenbildung haben, wenn sie daran weder mit ihrer Masse, noch mit ihrem Körper Antheil nehmen, ist für mich ebenso unbegreiflich, wie, warum beim jetzigen Stand der Wissenschaft die Frage von der Fibrillenbildung keine Bedeutung haben soll.

Aus dieser kurzen Übersicht ist zu entnehmen, dass man die Frage über die Entstehung der Bindegewebsfibrillen keineswegs für entschieden halten kann. Meine Untersuchungen habe ich an Schafsembryonen (2—23 *cm* Länge) angestellt; dabei habe ich vier Localitäten gewählt: 1. Subcutanes Bindegewebe 2. Nabelschnur, 3. grosses Netz, 4. Sehnen. Die vorliegenden Untersuchungen wurden grösstentheils im physiologischen Institute in Graz gemacht, und ich will hier Herrn Prof. A. Rollett für seine liebenswürdige Unterstützung meinen wärmsten Dank aussprechen.

Untersuchungsmethoden.

Wenn ich speciell auf die Untersuchungsmethoden eingehe, so thue ich es darum, weil von vielen Verfassern ausgesprochen wurde, dass die meisten Reagentien nicht geeignet sind, die bei der Entwicklung der Bindegewebsfibrillen vorliegenden histologischen Verhältnisse zu conserviren. So z. B. sagt Boll, dass nur die Osmiumsäure in einprocentiger Lösung die zarten histologischen Verhältnisse in einigermassen erträglicher Weise zu conserviren vermag. [2] Alle anderen Reagentien (dies gilt auch speciell von der Müller'schen Flüssigkeit) wirken nach Boll in höchst ungünstiger Weise, da sie die Embryonalzellen bis zur Unkenntlichkeit verunstalten und von dem Verhältnisse derselben zu den Bindegewebsfibrillen nur Zerrbilder liefern. Ebenso sagt Ognew, dass sowohl die Müller'sche Flüssigkeit, als auch Chromsalz-

---

[1] Loc. cit. S. 448.

[2] Boll., loc. cit. S. 45.

lösungen in höchst ungünstiger Weise wirken; noch schlechter wirken die Kleinenberg'schen und Flemming'schen Gemische.[1]

Ich habe bei meinen Untersuchungen alle diese Reagentien probirt (Müller'sche Flüssigkeit, Chromsäure, Osmiumsäure, Kleinenberg'sche Picrinschwefelsäure und Flemming'sche Chromosmiumessigsäure). Ich habe dabei gefunden, dass der Vorwurf der Müller'schen Flüssigkeit mit Unrecht gemacht wird. Sie leistete mir bessere Dienste, als Osmiumsäure, da sie einerseits die Zellen sehr gut conservirt, andererseits die Zellen und deren Ausläufer besser färben lässt, als Osmiumsäure. Die Flemming'sche Flüssigkeit conservirt die Zellen ebenso wie Osmiumsäure, doch treten die Fibrillen etwas deutlicher hervor, als nach Osmiumsäure. Was die Picrinschwefelsäure betrifft, so kann ich sie nicht empfehlen. Obgleich sie die Verhältnisse der Zellen zu einander und zu den Fibrillen sehr gut conservirt, so ziehen sich doch die Zellkörper selbst zusammen, woher die Zellen auf Picrinschwefelsäurepräparaten immer etwas dünner erscheinen.

Die besten Dienste haben mir die Müller'sche Flüssigkeit und schwache (0·08%) Chromsäurelösung mit nachheriger Goldchloridbehandlung (nach der Methode von Pfitzner)[2] geleistet. Die Zellen und ihre Ausläufer färben sich mit Goldchlorid vortrefflich. Die Objecte wurden in Müller'scher Flüssigkeit in den Brütofen gestellt, wo sie bei 35° C. etwa zwei Wochen verblieben. Dann wurden sie in fliessendem Wasser etwa 24 Stunden ausgewaschen und mit destillirtem Wasser abgespült. Bei der Conservirung des Netzes wurde der ganze Embryo mit der geöffneten Bauchhöhle in die Conservirungsflüssigkeit gelegt, damit die natürliche Spannung des Gewebes sich nicht ändere. Für die Isolirung der Zellen habe ich oftmals schwache (0, 1%) Osmiumsäurelösung benutzt. Endlich muss ich bemerken, dass, obgleich einige Reagentien sich besser wirkend erwiesen, als andere, doch die später zu beschreibenden Verhältnisse der Zellen zu den

---

[1] Ognew, loc. cit. S. 448.

[2] Pfitzner, Über den feineren Bau der bei der Zelltheilung auftretenden fadenförmigen Differenzirungen des Zellkerns. (Morphol. Jahrbuch VII. Bd., S. 292.)

Fibrillen bei Anwendung aller erwähnten Reagentien zu sehen sind, woraus folgt, dass diese Verhältnisse keineswegs als Resultat der Wirkung irgend welcher Flüssigkeit zu betrachten sind, sondern der Natur der Dinge entsprechen.

Das subcutane Bindegewebe.

Das subcutane Bindegewebe ist ein sehr geeignetes Object für das Studium der Entwicklung der Bindegewebsfibrillen. Wenn man die Haut vorsichtig abhebt, so kann man mit der Pincette äusserst dünne Häutchen unter der Haut abziehen, die dünner als seröse Häute sind, und welche man in toto unter dem Mikroskope mit starken Vergrösserungen betrachten kann.

Das subcutane Bindegewebe eines 2 *cm* langen Schafembryos stellt das folgende Bild dar. Meistentheils haben die Zellen eine unregelmässige vieleckige Form und sind mit vielen Fortsätzen versehen, durch welche sie mit einander anastomosiren, so dass das Gewebe ein sehr complexes Netz von Zellen vorstellt. In dieser Beziehung kann ich die Beobachtungen von Ravogli[1] bestätigen, welcher ein ähnliches Netz von Zellen bei der Entwicklung der Cutis beschreibt und abbildet.

Diese Zellen haben einen scharf contourirten, rundlichen oder ovalen Kern mit einem oder mehreren Kernkörperchen. Der Kern färbt sich gut mit Carmin, Hämatoxylin und allen Färbemitteln. Der Zellkörper selbst und seine Fortsätze haben ein feinkörniges Ansehen und sie färben sich schwächer, als der Kern; man kann sogar bemerken, dass der peripherische Theil der Zellen und die Zellenfortsätze sich schwächer färben, als der centrale, den Kern umgebende Theil.

Zwischen den Zellen und Zellenfortsätzen befindet sich eine blasse, feinkörnige Substanz — Intercellularsubstanz der Autoren. Diese feinkörnige Substanz färbt sich mit keinem Färbemittel; dadurch unterscheidet sie sich vom Zellkörper. Da die Zellen nicht in einer, sondern in mehreren Schichten gelagert sind, so ist es sehr schwer, die gegenseitige Lage und Beziehung der Zellen und dieser feinkörnigen Substanz deutlich zu sehen. Aber

[1] Ravogli, loc. cit. S. 56.

am Rande des Präparates, wo die Zellen in einer Schicht gelagert sind, kann man sehen, dass diese feinkörnige Substanz nicht ganz die Zwischenräume zwischen den Zellen erfüllt und keine ununterbrochene Masse vorstellt. Im Gegentheil oftmals lässt sich um die Zelle und deren Fortsätze nur eine dünne, dicht anliegende Schichte dieser Substanz sehen, so dass in der ganzen Masse durchsichtige Zwischenräume sichtbar sind, welche mit dieser feinkörnigen Substanz nicht erfüllt sind. Ob diese Zwischenräume mit irgend welcher durchsichtigen Flüssigkeit erfüllt sind, das kann ich mit Sicherheit nicht sagen. Ich sah sie immer durchsichtig. Es ist möglich, dass sie mit Lymphflüssigkeit erfüllt sind, aber jedenfalls muss man diese Flüssigkeit von der erwähnten feinkörnigen Substanz unterscheiden.

Ich habe schon erwähnt, dass oftmals eine dünne Schicht dieser Substanz der Zelle und deren Fortsätzen anliegt, so dass um die Zelle eine Zone dieser Substanz sich befindet. Diese Thatsache lässt sich am einfachsten durch die Annahme deuten, dass jene Substanz von der Zelle stammt. Wenn man weiter aufmerksam betrachtet, dass der Zellkörper gegen die Peripherie immer schwächer sich färbt und etwas blasser wird und dadurch das charakteristische Ansehen des jungen indifferenten Protoplasmas etwas verliert; wenn man endlich mit dieser peripherischen Zellsubstanz die sie umgebende blasse, feinkörnige Substanz zusammenstellt, welche wie verbleichtes Protoplasma erscheint, so wird man wieder zu dem Schlusse geführt, dass jene feinkörnige Substanz von der Zelle stammt, und nichts anderes, als verändertes, metamorphosirtes Protaplasma ist.

Ausser den unregelmässigen vieleckigen Zellen finden sich beim 2 *cm* langen Embryo noch verlängerte und spindelförmige Zellen, an einigen Stellen herrschen sogar die letzteren vor. Die Form und die Grösse dieser in zwei entgegengesetzte Richtungen gezogenen Zellen sind sehr verschieden, so wie auch die Gestalt und die Grösse der vieleckigen Zellen. Manchmal haben sie eine unebene Oberfläche und setzen sich an beiden Enden in einen, zwei oder mehrere Fortsätze fort. Häufig lassen sich Formen beobachten, welche auf einen Übergang von der vieleckigen, sternförmigen Zelle in die verlängerte hinweisen: die Zelle behält noch viele ihrer Fortsätze, aber ist schon deutlich

nach zwei entgegengesetzten Richtungen ausgezogen. Manchmal haben die Zellen eine glatte Oberfläche und erscheinen als regelmässig spindelförmige Zellen mit von beiden Enden abgehenden langen Ausläufern.

Auf den ganzen Häutchen, wo die verlängerten Zellen in Reihen gelagert sind, so wie auch an isolirten Zellengruppen kann man deutlich sehen, dass die Zellen der Länge nach mit einander durch ihre Ausläufer verbunden sind, so dass es unmöglich ist zu unterscheiden, wo der Ausläufer der einen Zelle endet und der der anderen anfängt. Oftmals kommt eine ununterbrochene Reihe solcher spindelförmigen Zellen auch auf Zupfpräparaten vor (Fig. 1), so dass kein Zweifel über den Zusammenhang der Zellen übrig bleibt. Um die verlängerten Zellen sowohl, wie auch um die sternförmigen, lässt sich die feinkörnige Substanz beobachten, was aber noch viel bemerkenswerther erscheint, ist, dass in dieser Substanz an der Oberfläche der Zellen blasse Streifen und am Rande des Präparates manchmal ganz deutliche Fäden oder Fibrillen zu bemerken sind. Diese Fibrillen liegen dem Zellkörper so dicht an, dass sie mit der Oberfläche der Zelle zusammenzufliessen scheinen.

Ausser den zwei angeführten Zellenformen (vieleckigen und verlängerten Zellen) kommen beim 2 *cm* langen Embryo in bedeutender Zahl kleine rundliche Zellen vor, die in ihrem Aussehen mit Lymphzellen übereinstimmen. Auf Zupfpräparaten kann man neben diesen typischen kleinen, rundlichen Zellen (Fig. 2 *c*) die Zellen mit einem oder mehreren Fortsätzen sehen (Fig. 2 *d*). Solche Zellen mit wenigen Fortsätzen erscheinen häufig vergrössert und machen dann den Eindruck, als ob sie sich in verlängerte oder sternförmige Zellen umwandeln würden, und wenn man sie in situ in dem ganzen Häutchen des subcutanen Bindegewebes betrachtet, kann man sehen, dass sie durch ihre Fortsätze mit den erwähnten Bindegewebszellen anastomosiren. Zwischen den typischen rundlichen, kleinen Zellen und den typischen sternförmigen Bindegewebszellen kann man so eine Reihe von Übergängen finden, und es ist wohl nicht ungerechtfertigt anzunehmen, dass die kleinen rundlichen Zellen sich in die Bindegewebszellen umwandeln.

Wie schon erwähnt, kann man schon beim 2 *cm* langen Embryo manchmal den Zellen entlang feine Fibrillen sehen, die dicht den Zellen anliegen. Beim 5 *cm* langen Schafembryo sind diese Fibrillen überall sehr deutlich zu sehen. Die sternförmigen Zellen kommen aber hier nur noch in unbedeutender Anzahl vor. Die meisten Zellen sind verlängert und spindelförmig. Nachdem ich sehr viele Präparate betrachtet hatte, musste ich zu dem Schlusse kommen, dass die sternförmigen Zellen sich nach und nach wirklich in die verlängerten und spindelförmigen Zellen umwandeln. Ich habe von solchen Übergangsformen schon oben gesprochen. Die verlängerten und spindelförmigen Zellen sind in Längsreihen gelagert und der Länge nach miteinander verbunden, aber ihr Zellkörper ist schmäler und ihr Kern ist kleiner als beim 2 *cm* langen Embryo; manchmal nimmt der Kern fast den ganzen kurzen Diameter der Zelle ein, so dass die Umrisse der Zelle und des Kernes ganz enge zusammenfliessen. Mit der Abnahme der Breite der Zelle, nimmt aber die Zahl der den Zellen anliegenden Fibrillen bedeutend zu (Fig. 3). Was die Zellenausläufer betrifft, so haben sie eine verschiedene Länge und ein verschiedenes Aussehen. Einmal sind sie kurz und ziemlich dick (Fig. 3 *b*); ein anderes Mal sind sie lang und fein (Fig 3 *c*); manchmal sind die Ausläufer auch verzweigt (Fig. 3 *a*), und oft ist die Oberfläche der Zellen mit Körnern besetzt. Diese „körnige interfibrilläre Substanz“, wie Boll sie nennt, findet sich oft zwischen den Fibrillen, so wie auch zwischen den Zellen und den Fibrillen. Ich stimme Boll zu, wenn er diese Körner auf Überreste des Protoplasmas der Zellen zurückführt; daraus glaube ich, erklärt sich, dass man sie am häufigsten auf der Oberfläche der Zellen und deren Ausläufer findet, nämlich gerade da, wo die Bildung der neuen Fibrillen vor sich geht. Auch kann ich die Beobachtung von Kusnetzoff bestätigen, dass die Zellenausläufer schliesslich blass und fein werden und manchmal verzweigt erscheinen, aber ich kann ihm nicht zustimmen, wenn er darum sagt, dass diese Ausläufer — sich bildende Fibrillen sind. Im Gegentheil, es scheint mir, dass, wenn man lange Zellenausläufer und die sich bildenden Fibrillen nebeneinader hat, es nicht möglich ist, beide für dasselbe zu halten. Die Zellausläufer haben einen zweifachen Contour und sind dicker als die

Fibrillen, und man kann sehr oft sehen, dass Zellenausläufer, durch welche beobachtete Zellen sich miteinander verbinden, in der Mitte eines ganzen Fibrillenbündels sich befinden (Fig. 3 *e*), deutlich von den Fibrillen durch ihre Dicke, sowie auch durch ihr Aussehen zu unterscheiden.

Durch solche Bilder gewann ich schon beim 5 *cm* langen Embryo die Überzeugung, dass im subcutanen Bindegewebe die Fibrillen auf der Oberfläche der verlängerten Zellen sich bilden, durch Umwandlung der peripherischen Schichten des Zellkörpers in die fibrillenbildende Substanz. Durch die Untersuchung der nachfolgenden Entwicklungsstadien wurde diese Überzeugung nur verstärkt. Bei $8^1/_2-12^1/_2$ *cm* langen Embryonen bieten die Häutchen von subcutanem Bindegewebe schon das typische Bild des fibrillären Bindegewebes. Die Fibrillen laufen, etwas geschlängelt, den Zellen entlang und liegen den Zellen dicht an. Der Zellkörper ist noch schmäler geworden, was offenbar im Zusammenhange mit der Zunahme der Masse der Fibrillen ist. Der Zusammenhang der Zellen untereinander mit Hilfe der Ausläufer lässt sich manchmal auf ganzen Häutchen beobachten (Fig. 4). Besser gelingt dies auf Zupfpräparaten. Manchmal gelingt es, eine Zelle mit langen und feinen Ausläufern zu isoliren (Fig. 4 *a*). Diese Ausläufer sind sehr blass, daher ist es ganz begreiflich, dass sie in der Mitte der sie umhüllenden Fibrillen unsichtbar sind. Es geschieht sehr oft, dass zwischen den Fibrillen nur ovale Kerne zu sehen sind; der Zellkörper selbst ist entweder durchaus unsichtbar, oder nur an dem einen Ende des Kernes zu bemerken (Fig. 4). Viele Beobachter beschreiben nur ovale Kerne zwischen den Fibrillen des sich entwickelnden fibrillären Bindegewebes. Solche Bilder lassen sich dadurch erklären, dass die Zellen auf verschiedenen Stufen der Umwandlung ihres Körpers in die fibrillenbildende Substanz vorgefunden werden. Manchmal findet man in einem und demselben Präparate neben Zellen, deren Körper sich gut färbt, verschmächtigte Zellen, deren Substanz sehr reducirt ist, und deren Ausläufer sich nicht färben und ganz blass erscheinen. Es ist begreiflich, dass man von solchen Zellen nur die Kerne sieht, so lange sie in Mitte der Fibrillen liegen. Man kann bemerken, dass, je weiter die Entwicklung der Fibrillen fortschreitet, desto häufiger Bilder

vorkommen, wo zwischen den Fibrillen nur Kerne zu liegen scheinen, was ganz mit der Annahme übereinstimmt, dass die Zellensubstanz nach und nach sich verändert und das veränderte Zellenprotoplasma in die fibrillenbildende Substanz sich verwandelt. Hält man sich an diese Vorstellung, dann ist es sehr wichtig solche Behandlungsweisen aufzufinden, durch welche der Zellkörper möglichst differenzirt wird. In dieser Beziehung leistete mir Goldchlorid die besten Dienste. Obgleich es auch an Goldpräparaten noch schwer ist, die Zellenausläufer in der Masse der Fibrillen zu sehen, so kann man sie doch dann an Zupfpräparaten, wenn sie, was häufig sich ereignet, aus der Mitte der Fibrillen sich herausgelöst haben, deutlich sehen.

Es wurde schon erwähnt, dass schon beim 2 *cm* langen Embryo die verlängerten Zellen in länglichen Reihen gelagert sind, und mit ihren Ausläufern der Länge nach anastomosiren; in derselben Richtung erscheinen aber auch die Fibrillen, über eine ganze Reihe von Zellen hinlaufend und dicht den Zellen anliegend. Ich habe nicht den Eindruck erhalten, dass, wie Boll annimmt, von den einzelnen Zellen gebildete, kurze Fibrillen später der Länge nach verwachsen. Ich fand vielmehr, dass die Fibrillen sich ununterbrochen auf der Oberfläche einer ganzen Reihe von Zellen bilden, und ebenso ununterbrochen verlaufen, wie die Zellenreihe selbst.

Eine Zellenreihe mit den auf ihrer Oberfläche gebildeten Fibrillen stellt einen Cylinder vor, dessen Oberflächenschicht von Fibrillen gebildet ist, dessen Axentheil die Reihe von mehr oder weniger verschmächtigten Zellen einnimmt. Je weiter die Entwicklung fortschreitet, desto mehr werden die Zellen verschmächtigt und desto mehr vergrössert sich die Oberflächenschicht (Fibrillenhülle) des Cylinders. Solche Cylinder kann man denn auch beobachten, wenn der grösste Theil der Zellsubstanz auf die Bildung der Fibrillen verbraucht ist und in der Mitte der ausgebildeten Fibrillenbündel in bestimmten Zwischenräumen nur Kerne mit kleinen Resten von Zellprotoplasma sichtbar sind. Es wird so verständlich, dass solche Cylinder beim Zerzupfen auf lange Strecken sich isoliren lassen, und überhaupt in der ganzen Masse die Tendenz in längliche Cylinder sich zu spalten, sehr deutlich ist. Beim 23 *cm* langen Embryo kann man sehen, dass

solche Cylinder die Bündel des fertigen Bindegewebes darstellen.

Ich muss hervorheben, dass man, wenn man das ganze Häutchen von subcutanen Bindegewebe betrachtet, bemerken kann, dass die Zellen und die sie umhüllenden Fibrillen in 2—3 Schichten gelagert sind, und dass die Zellen und Fibrillen der oberen Schichte die der unteren Schichte unter verschiedenen Winkeln durchkreuzen. Wahrscheinlich ist das die Ursache, dass viele Autoren angeben, dass die Fibrillen in keiner bestimmten Beziehung zu den Zellen stehen, sondern Fibrillen und Zellen sich unter verschiedenen Winkeln durchkreuzen. Aber bei aufmerksamer Untersuchung kann man nicht nur an Zupfpräparaten, sondern auch bei Betrachtung des ganzen Häutchens sich überzeugen, dass in jeder Schicht die Zellen und Fibrillen in einer und derselben Richtung laufen. Wenn man die Stellschraube handhabt, kann man deutlich sehen, dass die in verschiedenen Richtungen laufenden Fibrillen in verschiedenen Flächen sich befinden und zu verschiedenen Schichten gehören. Am Rande des Präparates oder an solchen Stellen, wo in der oberen Schicht die Fibrillenbündel auseinander gegangen sind, sieht man aber ganz deutlich, wie die Zellen und die sie umhüllenden Fibrillen der unteren Schichte die in der oberen Schichte entstandene Lücke überbrücken. Wenn man diese Schichten von einander isolirt, indem man sie vorsichtig mit dem Scalpel abschabt, so gelingt es oft, eine Schichte zu erhalten, in welcher Zellen und Fibrillen eine und dieselbe Richtung haben und parallel laufen.

Meine Beobachtungen führen mich also zum Schlusse, dass bei der Entwickelung des subcutanen Bindegewebes die Fibrillen auf der Oberfläche der verlängerten Zellen und deren Ausläufer sich bilden. Die Zellenausläufer fasern sich nicht auf, wie Schwann und Boll annehmen, noch viel weniger umwandelt sich je ein Zellausläufer in je eine lange Fibrille, wie dies Kusnetzoff angibt; sondern bei der ersten Entstehung der Fibrillen, ebenso wie bei der weiteren Entwicklung befinden sich Zellen und Zellenausläufer, so lange die letzteren existiren, in der Mitte der sie umhüllenden Fibrillen, welche letztere auf Kosten der peripherischen Schichten des Protoplasmas der Bildungszellen entstanden sind.

Die Nabelschnur.

Nach den Beobachtungen von Rollett lassen sich in der Nabelschnur eines 6 *cm* langen Schafembryos Zellen finden, um welche „nach aussen eine die ganze Zelle kapselartig umhüllende und die Form der langgestreckten Zelle selbst nachahmende Lage sich vorfindet, welche glänzender, als der körnige Innenkörper und von feinen, wellig geschlungenen Fibrillen durchsetzt erscheint. Die letzteren laufen der Zelle entlang. An beiden Enden aber entsteht ein Ansehen, welches sich mit dem Ende des am Rocken befindlichen Flachsbündels vergleichen lässt".[1] Rollett beobachtete die Übergänge von kleinen nur wenig umhüllten Zellen zu stärker ausgewachsenen und in einer reicheren Faserhülle liegenden Zellen. Bei weiter entwickelten Embryonen verändern sich die Beziehungen, welche die Fibrillen zu den Zellen anfänglich zeigten, dadurch, dass lang gezogene, wellige Faserbündel in einem Zuge durch das ganze Präparat hin über eine grosse Anzahl von Zellen zu verfolgen sind. So hat Rollett bei der Entwicklung des fibrillären Bindegewebes der Nabelschnur zwei Stadien beschrieben: 1. die mit Fibrillen umhüllten Zellen und 2. die mit Zellen durchsetzten Bündel. Aber er sagt, dass er nicht im Stande war sicher zu ermitteln, wie der Übergang aus dem einen Stadium in das andere vor sich geht.

Zu meinen Untersuchungen übergehend, muss ich zuvörderst hervorheben, dass sich bei 2 *cm* langen Embryonen (den jüngsten, die ich hatte) die Fibrillen schon bemerken lassen. Die Sulze der Nabelschnur besteht grösstentheils aus verlängerten in zwei entgegengesetzte Richtungen gezogenen Zellen mit langen Ausläufern. Den Zellen und Zellenausläufern entlang laufen, etwas geschlängelt, die feinen Fibrillen, von denen die Zellen ganz umhüllt sind, wie dies Rollett richtig angibt. Mit ihren langen Ausläufern anastomosiren die Zellen der Länge nach miteinander, und häufig lässt sich eine solche ununterbrochene Reihe von spindelförmigen Zellen auf bedeutende Strecke verfolgen (Fig. 5). Diese Zellen haben einen ovalen Kern, oft auch zwei Kerne. Häufig kommen Formen vor, welche sichtlich auf Zell-

---

[1] Rollett, Über die Entwicklung des fibrillären Bindegewebes. S. 259.

theilung hinweisen (Fig. 5 *a*). Einmal habe ich eine sehr grosse Zelle mit drei Kernen gesehen (Fig. 5 *b*); ausserdem (s. d. Abbildung) war in dieser Zelle eine Höhle zu bemerken, in welcher wahrscheinlich noch ein Kern sich befand, der herausgefallen war. Ausser diesen verlängerten Zellen, welche die unmittelbare Beziehung zur Fibrillenbildung haben, kommen in der Nabelschnur eines 2 *cm* langen Embryos noch in bedeutender Zahl rundliche, kleine Zellen und in geringerer Zahl unregelmässige vieleckige Zellen mit vielen Fortsätzen vor.

Was die, die verlängerten Zellen umhüllenden Fibrillen betrifft, so laufen sie schon bei 2 *cm* langem Embryo ununterbrochen über die ganze Zellenreihe (Fig. 5). Darum glaube ich, dass sie von Anfang an ununterbrochen auf der Oberfläche einer Reihe der aufeinanderfolgenden Zellen sich bilden, ebenso wie im subcutanen Bindegewebe. Da die Zellen selbst continuirlich zusammenhängen, so ist die Bildung langer Fibrillen auf der Oberfläche der Zellen ganz verständlich; endlich glaube ich, dass die Annahme überflüssig ist, dass kurze Fibrillen, die anfänglich um jede einzelne Zelle sich gebildet haben, später mit einander der Länge nach verwachsen und auf solche Weise lange Fibrillen bilden.

Bei der Isolirung der Zellen in diesem Stadium, sowie auch bei weiter entwickelten Embryonen (5 und $6^1/_2$ *cm* lang) scheint es manchmal, als ob die Zellenausläufer sich auffasern würden. Aber bei aufmerksamer Betrachtung kann man sich immer überzeugen, dass die Zellenausläufer weder zerfasern, noch in die Fibrillen übergehen, sondern immer von Fibrillen wie von einer Faserhülle umgeben sind. Mittelst Handhabung der Stellschraube kann man sich überzeugen, dass die Fibrillen über, unter und zu beiden Seiten der Zelle sich befinden und mit dem Zellencontour zusammenfallen. Bei der Isolirung der Zellen bleibt gewöhnlich eine grössere oder geringere Zahl der Fibrillen an der Zelle haften. Was den Zusammenhang der Zellen untereinander betrifft, so konnte ich noch bei 16 *cm* langen Embryonen sehen, dass die Zellen mit ihren Ausläufern zusammenhängen. Mit einem Worte, es geht die Entwicklung der Fibrillen hier eben so, wie im subcutanen Bindegewebe vor sich. Aber da das Gewebe der Nabelschnur lockerer ist, als das subcutane Bindegewebe, so sind

hier die Beziehungen der Zellen zu den Fibrillen deutlicher, als dort. Auch bei der Nabelschnur bemerkt man leicht, dass die Zellen mit den Fibrillen lange Cylinder vorstellen, deren Oberfläche die Fibrillen, deren Axentheil die Zellen bilden. Beim Zerzupfen lassen sich solche Fibrillenbündel mit den in ihrer Mitte eingeschlossenen Zellen auf lange Strecke isoliren.

Das grosse Netz.

Nach den Angaben von Rollett besteht die erste Anlage des Netzes (beim 4 *cm* langen Schafembryo) aus rundlichen, nur etwas verlängerten, dicht gedrängten Zellen. Bei weiter entwickelten Embryonen verschmälern sich die Zellen und wachsen zu langen Spindeln aus, deren Ausläufer sich spärlich verzweigen und häufig der Länge nach mit einander zusammenhängen. Diese Spindelzellen werden in ihren Fortsätzen verschmächtigt, und während dem entstehen in der hellen Substanz zwischen den Zellen anfangs spärlich und dünn die geschlängelten, glatten unverzweigten Fibrillen.[1]

Nach den Angaben von Ognew sind die spindelförmigen Zellen, aus denen das grosse Netz bei 2—4 *cm* langen Schafembryonen besteht, bei weiter entwickelten Embryonen (6 *cm* Länge) stark verändert. Sie geben nach allen Seiten hin zahlreiche Fortsätze ab und bekommen darum eine unregelmässige Sternform; die Zellenfortsätze hängen nicht untereinander zusammen, sondern endigen immer frei. In der Zwischensubstanz sieht man dann eine undeutliche Streifung und hie und da einzelne leicht wellig verlaufende, feine Fibrillen, die einen und denselben Verlauf haben. Was die Beziehung der sich bildenden Fibrillen zu den Zellen betrifft, so glaubt Ognew sich fest überzeugt zu haben, dass keine beständige Beziehung zwischen der Richtung der Fibrillen und derjenigen der Zellenausläufer existirt; es sollen vielmehr die Zellenausläufer die sich bildenden Fibrillen in allen möglichen Richtungen quer durchkreuzen.[2]

Nach den Angaben von Ranvier sind die Zellen im Mesenterium nur auf der Oberfläche gelagert, so dass keine nähere

---

[1] Stricker's Handbuch. S. 62—64.

[2] Ognew, loc. cit. p. 443—446.

Beziehung zwischen den Zellen und Fibrillen existirt, und es genügt ein blosses Bestreichen mit dem Pinsel, um alle Zellen zu entfernen. [1]

Zu meinen Untersuchungen übergehend, muss ich zuvörderst hervorheben, dass die letztere Angabe von Ranvier ganz unrichtig ist. Bei der Untersuchung des Netzes, sowie auch des Mesenteriums ist es immer nothwendig, das Endothel, welches beide Oberflächen des Mesenteriums bedeckt, mit dem Pinsel zu entfernen. Man muss sehr sorgfältig und beharrlich mit dem Pinsel arbeiten, um alle Endothelzellen zu entfernen; dabei werden aber die Bindegewebszellen immer erhalten.

Bei 5 *cm* langen Embryonen habe ich sehr deutlich die von Rollett beschriebenen, verlängerten, dicht gedrängten Zellen beobachten können, zwischen welchen geringe Spuren von Intercellularsubstanz sich bemerken lassen. Diese Zellen sind alle in einer und derselben Richtung verlängert und bilden auf eine bedeutende Strecke hin eine ununterbrochene Schichte. Wenn man das Netz in toto unter dem Miskroskope betrachtet, so kann von den Fibrillen noch keine Rede sein. Aber auf Zupfpräparaten ist es mir einigemal gelungen, einzelne spindelförmige Zellen mit langen Ausläufern zu sehen, denen feine Fibrillen so dicht anliegen, dass sie nur stellenweise von den Zellen sich entfernten, grösstentheils aber mit der Zellenoberfläche verschmolzen schienen (Fig. 6). Nach den Angaben Anderer habe ich ein so frühzeitiges Auftreten der Fibrillen im Netze nicht erwartet, und ich will nochmals hervorheben, dass ich nur einigemal solche Bilder beobachtet habe. Dies zeigt dennoch, dass die Fibrillenbildung im Netze sehr früh, schon beim 5 *cm* langen Embryo ihren Anfang nimmt. An solchen isolirten Zellen kann man sich überzeugen, dass die Fibrillen auf der Oberfläche der Zellen sich bilden.

Ausser diesen verlängerten Zellen konnte ich beim 5 *cm* langen Embryo unregelmässige, sternförmige Zellen beobachten, wie sie Ognew beschreibt. Aber ich kann die Angabe des letzteren nicht bestätigen, wenn er sagt, dass bei weiter entwickelten Embryonen überhaupt die verlängerten Zellen in die unregel-

---

[1] Traité technique d'Histologie, p. 420.

mässigen, sternförmigen übergehen. Die sternförmigen, mit vielen Fortsätzen versehenen Zellen kann man, wie bei jungen, so auch bei weiter entwickelten Embryonen beobachten; aber man kann nicht sagen, dass sie bei weiter entwickelten Embryonen vorherrschen; im Gegentheile bilden nach meinen Beobachtungen vor der Fibrillenbildung, so wie auch zur Zeit, wenn die Fibrillen auftreten, die oben erwähnten verlängerten Zellen die grösste Masse von Zellen. Mittelst Handhabung der Stellschraube kann man sich sogar überzeugen, dass die sternförmigen Zellen nicht immer in der gleichen Ebene mit den verlängerten Zellen sich befinden. Erstere hängen mit ihren Fortsätzen untereinander zusammen und bilden ein Netz auf der Oberfläche der verlängerten Zellen. Die letzteren hängen der Länge nach mit ihren Ausläufern zusammen, so dass eine ununterbrochene Reihe solcher Spindelzellen oft sich auf bedeutende Strecke isoliren lässt.

Bei $6^1/_2$ *cm* langen Embryonen konnte ich auf Zupfpräparaten schon häufige isolirte Zellen beobachten, auf deren Oberfläche manchmal dünne Streifen, manchmal deutliche Fibrillen sichtbar waren (Fig. 7). Diese Fibrillen liegen den Zellen dicht an und schmiegen sich in ihrem Laufe den Zellen vollständig an. Bei $8^1/_2$ *cm* langen Embryonen waren schon an jedem Präparate einige Stellen aufzufinden, wo bald Streifen, bald deutliche Fibrillen um die Zellen zu bemerken waren; die Fibrillen laufen dann immer in derselben Richtung hin, wie die Zellen und sind den letzteren angeschmiegt.

Wenn man nach Abhebung des Endothels das Netz unter dem Mikroskop in toto betrachtet, so sieht man gewöhnlich zuerst ein Netz von sternförmigen Zellen, darunter aber sieht man verlängerte Zellen; die letzteren sind, wie es mir immer schien, in 2—3 Schichten gelagert, und man kann bemerken, dass die Zellen in verschiedenen Schichten in verschiedener Richtung verlängert sind. Besonders deutlich lässt sich das am Rande des Präparates sehen, wo unter einer oberen Schichte, in welcher die Zellen in einer bestimmten Richtung verlängert sind, das Ende der unteren Schichte heraustritt, deren Zellen in anderer Richtung verlängert sind. Das Bild ist sehr ähnlich dem, welches ich im subcutanen Bindegewebe gesehen habe. Angesichts einer so verwickelten und zusammengesetzten Structur des Netzes

kam ich bei meinen Untersuchungen bald zum Schlusse, dass, wenn man die Netzstücke nur in toto untersucht, es unmöglich ist, über die Beziehung der sich bildenden Fibrillen zu den Zellen ins Klare zu kommen. Daher versuchte ich die Schichten zu isoliren, wie ich das bei der Untersuchung des subcutanen Bindegewebes that, und ich muss bemerken, dass es mir gelang, solche Schichten des Netzes, wo die Zellen und die Fibrillen in einer und derselben Richtung gelagert sind, auf bedeutende Strecke (einige Millimeter, sogar bis 1 *cm*) zu isoliren. In anderen Fällen gelang es, eine solche Schichte auf eine kurze Strecke zu isoliren, und dann konnte man sehen, dass sie mit einer anderen Schichte bedeckt war, in welcher die Zellen und Fibrillen in anderer Richtung verliefen. Ich wiederhole mit Nachdruck, dass man nur an solchen Präparaten über diese Frage ins Klare kommen kann.

Ognew gibt an, dass die Fibrillen die Fortsätze der sternförmigen Zellen in allen möglichen Richtungen durchkreuzen. Das ist richtig; aber dabei hat er eine Masse von verlängerten Zellen übersehen, die dieselbe Richtung wie die Fibrillen haben. Um die sternförmigen Zellen habe ich nie Fibrillen gesehen. Andererseits konnte ich den Übergang der sternförmigen Zellen in die verlängerten beobachten, wie ich das im subcutanen Bindegewebe gesehen hatte. Indem sie sich in zwei entgegengesetzten Richtungen verlängern, behalten sie die Verbindung mit einander mit Hilfe ihrer Ausläufer nur in dieser Richtung bei, und dann kann man um die Zellen auch bald die Fibrillen bemerken.

Wie schon erwähnt, lassen sich beim $8^1/_2$ *cm* langen Embryo um die verlängerten, spindelförmigen Zellen Fibrillen bemerken, die dicht den Zellen anliegen. Ich habe niemals gesehen, dass die Zellenausläufer in die Fibrillen gerade übergehen; immer befanden sich die Fibrillen auf der Oberfläche der Zellenausläufer. Bei Betrachtung grösserer Netzstücke kann man auch in der zwischen den Zellen befindlichen Intercellularsubstanz undeutliche Streifung bemerken. Ob diese Streifen Artefacte sind, oder von sich bildenden Fibrillen der unteren Schichte herrühren, kann ich bestimmt nicht sagen. Das letztere scheint mir wahrscheinlicher, da diese Streifung einige Regelmässigkeit hat (Fig. 8). An beiden Enden gehen die Zellen oft in lange Ausläufer über, mit denen sie unter einander zusammenhängen (Fig. 8); in solchen Fällen kann

man sehen, dass auch die Fibrillen den Zellenausläufern entlang ununterbrochen von einer Zelle zu der anderen hinlaufen. Manchmal ist an dem einen oder dem anderen Ende der Zellenausläufer unsichtbar, und die spindelförmige Gestalt der Zelle wird an dieser Stelle nur durch die anliegenden Fibrillen markirt. Die Fibrillen liegen den Zellen von allen Seiten an und umhüllen sie.

Bei 10 und 11 *cm* langen Embryonen sind die Fibrillen im Netze schon überall zu sehen, darum kann man hier noch deutlicher deren Beziehung zu den Zellen beobachten. Auf lange Strecke laufen die Zellen und die sie umhüllenden Fibrillen in derselben Richtung. Indem man ein solches Bild vor den Augen hat, könnte man glauben, dass es ein Präparat von der Sehne sei, so auffallend regelmässig ist die Beziehung der Fibrillen zu den Zellen. Dasselbe Bild ist auch bei weiter entwickelten ($12^1/_2$, $13^1/_2$, $14^1/_2$, 16 und 23 *cm* langen) Embryonen zu sehen. Dabei lässt sich bemerken, dass mit der weiteren Entwicklung der Fibrillen die Zellenkörper und Zellenausläufer sich beträchtlich verschmächtigen, was meiner Ansicht nach so zu deuten ist, dass die Zellkörper für die Bildung der neuen Fibrillen verbraucht werden, die immer auf der Zellenoberfläche sich bilden. Die Betrachtung der nachfolgenden Stadien der Fibrillenentwicklung macht immer diesen Eindruck. Manchmal lassen sich aber bei weiter entwickelten Embryonen Zellen bemerken, deren Körper nicht verschmächtigt sind und die lange Ausläufer haben; solche Zellen sind bei 23 *cm* langen Embryonen selten; dies zeigt, dass nicht alle Zellkörper gleichzeitig sich verschmächtigen, und dass bei weiter entwickelten Embryonen neue Zellen an der Fibrillenbildung Antheil nehmen; aber die grösste Masse von Zellen bei solchen Embryonen bilden die bedeutend verschmächtigten Zellen. Nach meinen Beobachtungen geht also die Entwicklung der Fibrillen im Netze ebenso vor sich, wie in den beiden früher betrachteten Objecten im subcutanen Bindegewebe und in der Nabelschnur. Es ist aber im Netze etwas schwieriger über die gegenseitigen Beziehungen der Zellen und Fibrillen ins Klare zu kommen.

Die Fibrillen bilden sich zuerst und entwickeln sich dann weiter auf der Oberfläche der verlängerten Zellen; die Zellen sind in länglichen Reihen gelagert, auf deren Oberfläche die Fibrillen

ununterbrochen von einer Zelle zu der anderen laufen. Bei der weiteren Entwicklung lassen sich Fibrillenbündel sehen, in deren Mitte die verschmächtigten Zellenreste eingeschlossen sind. Aus einer langen Zellenreihe bildet sich am Ende ein langes Fibrillenbündel. Da aber die Zellen mit den sie umhüllenden Fibrillen in verschiedenen Schichten verschiedene Richtung haben, und da die auf der Oberfläche befindlichen, sternförmigen Zellen in der Folge Reihen von verlängerten Zellen bilden, die auch verschiedene Richtung haben, so erklärt sich dadurch, dass im ausgebildeten Netze die Fibrillenbündel in verschiedenen Richtungen verlaufen, woher das Netz eine so complicirte Structur hat.

Die Sehnen.

Die meisten Beobachter, welche die Entwicklung der Sehne untersuchten, stimmen darin überein, dass bei der Entwicklung der Sehne die Zellen dicht aneinander anliegen, und dass zwischen den Zellen keine die Zellen auseinanderhaltende, structurlose Substanz (Intercellularsubstanz) zu sehen ist, sondern dass, wenn die Zellen auseinanderrücken dies dadurch geschieht, dass zwischen denselben Fibrillen auftreten. Es ist wohl zu bemerken, dass Henle gerade durch dieses Auftreten der Fibrillen in den Sehnen zu dem Schlusse kam, dass die Fibrillen durch die faserige Differenzirung einer zwischen den Zellen auftretenden Zwischensubstanz entstehen, während gerade an den Sehnen die zu beobachtenden Thatsachen leicht eine ganz andere Deutung zulassen.

In der Sehne eines 5 *cm* langen Embryo konnte ich dicht einander anliegende, spindelförmige Zellen mit ovalen Kernen unterscheiden. Aber ausser den rhombischen oder spindelförmigen Figuren der Zellen und der Zellkerne lässt sich in der Masse eine längliche Streifung bemerken. Wenn man, das Präparat etwas zerzupft, so kann man sehen, woher diese Streifung rührt. Die Zellen sind in länglichen Reihen gelagert und mit feinen, parallel laufenden Fibrillen umhüllt, die der Masse ein streifiges Ansehen geben (Fig. 9). Manchmal sind die Zellen von Fibrillen so umhüllt, dass die Zellgrenzen unsichtbar sind; in solchen Fällen sind nur ovale Kerne zu sehen, ein Bild, das auch Boll beschreibt und

abbildet. Aber sehr oft sind um die Kerne spindelförmige, körnige Zellkörper zu sehen, die an beiden Enden in lange Ausläufer ausgezogen sind. Diese Ausläufer sind sehr fein, und daraus glaube ich, erklärt sich, dass der Zusammenhang der Zellen untereinander (der Länge nach) nicht so deutlich zu bemerken ist, wie in den früher betrachteten Geweben. Dass auch in den Sehnen die Zellen mit ihren Ausläufern untereinander der Länge nach zusammenhängen, geht aber aus der Untersuchung dünner Längsschnitte der weiter entwickelten Stadien hervor, wo lange ununterbrochene Zellenreihen ganz deutlich sich sehen lassen; dabei ist jede Zellenreihe von einem Fibrillenbündel umhüllt.

Beim Zerzupfen kann man auch isolirte Zellen in grösserer oder geringerer Unversehrtheit (Fig. 9 *a*) und nackte Kerne treffen. Oft fällt beim Zerzupfen die Zelle aus der Mitte der Fibrillen so heraus, dass zwischen den auseinandergegangenen Fibrillen ein freier Raum übrig bleibt, der früher von der Zelle eingenommen wurde; manchmal bleibt darin ein Rest vom körnigen Zellkörper zurück. Alles dies zeigt deutlich, dass die Zellen von den Fibrillen von allen Seiten umhüllt sind. Darum kann ich mit Boll nicht übereinstimmen, wenn er sagt, dass in der Sehne die Zellen nicht in der Mitte des Fibrillenbündels, sondern auf deren Oberfläche sich befinden.

An Zupfpräparaten findet man manchmal Bilder, welche eine Zelle in Mitte eines kurzen Fibrillenbündels zeigen. Solche Bilder kommen aber nur durch die mechanische Trennung des Gewebes zu Stande, denn grösstentheils laufen die Fibrillen ununterbrochen der ganzen Zellenreihe entlang, wie das deutlich in dem Falle zu sehen ist, wenn eine Fibrille von dem Bündel, welchem sie angehört, sich isolirt, und über mehrere der Länge nach aufeinanderfolgende Zellen zu verfolgen ist. Ich muss noch erwähnen, dass das Gewebe der Sehne beim Zerzupfen sehr leicht in längliche Cylinder zerfällt, deren jeder ein Fibrillenbündel mit darin eingeschlossenen in die Länge gestreckten Zellen vorstellt. Solche Bilder kann man auch auf Längsschnitten sehr deutlich sehen. Je mehr die Fibrillen sich entwickeln, desto mehr werden die Zellkörper verschmächtigt; und es hat den Anschein, als ob die Fibrillen in jedem Bündel sich dichter und inniger an einander legen würden. Beim 16 *cm* langen Embryo

kann man schon solche dichte isolirte Bündel sehen, die nur eine feine auf ihre Zusammensetzung aus fest aneinanderliegenden Fibrillen hinweisende Längsstreifung zeigen. Nur an den Enden solcher Bündel sieht man die Fibrillen manchmal isolirt von einander. An solchen Bündeln 16 *cm* langer Embryonen ist es schon schwer die dünnen, spindelförmigen Bindegewebskörperchen zu sehen, und sind grösstentheils nur die ovalen Kerne derselben gut zu sehen. Erst bei ausdauerndem Zerzupfen gelingt es, die dünnen spindelförmigen Zellen zu isoliren, und ich glaube, dass die Bindegewebskörperchen der erwachsenen Sehne auch nichts Anderes sind, als die Reste der Bildungszellen, die in den Bündeln geblieben sind. Was die Angabe Boll's betrifft, dass bei der Entwicklung der Sehne die Zellen immer auf der Oberfläche der Fibrillenbündel sich befinden und am Ende die flachen, unregelmässigen rechteckigen Zellen bilden, die man in den erwachsenen Sehnen vorfindet, so gelang es auch mir Zellen, welche der Oberfläche der Fibrillenbündel aufliegen, hie und da zu sehen, welche wahrscheinlich sich in der Folge in jene bekannten, eigenthümlichen Blättchen, welche Boll im Auge hat, umwandeln. Ich kann aber über die Bedeutung dieser Zellen nichts weiter angeben. Jedenfalls muss man sie von den Fibrillen bildenden Zellen unterscheiden, die immer im Innern der Bündel bleiben, wie das bei ganz grossen (schon 23 *cm* langen) Embryonen noch ganz deutlich zu sehen ist.

Schlussbemerkungen.

Zum Schlusse möchte ich die Resultate meiner Untersuchungen mit denen anderer Beobachter zusammenstellen. Die Vertreter der Ansicht, dass Fibrillen in der Zwischensubstanz sich bilden, stützen sich erstens darauf, dass die Fibrillen auf einmal auf bedeutender Strecke auftreten, während die Zellen sehr klein sind. Aber wir haben gesehen, dass die Zellen in länglichen, ununterbrochenen Reihen gelagert sind; dadurch erklärt sich, dass lange Fibrillen der ganzen Zellenreihe entlang sich bilden. Zweitens weisen die Vertreter dieser Ansicht darauf hin, dass keine beständige Beziehung zwischen der Richtung der Zellen und jener der Fibrillen existire, sondern dass die Fibrillen die Zellen

unter allen möglichen Winkeln durchkreuzen. Diese letztere Angabe ist nach meinen Untersuchungen ganz unrichtig. Dort, wo die Zellen in verschiedenen Schichten verschiedene Richtung haben (wie im subcutanen Bindegewebe und im Netze), kann man sich immer überzeugen, dass die Fibrillen in jeder Schichte dieselbe Richtung wie die Zellen haben. Ich kann ferner den Angaben von Kusnetzoff und Obersteiner nicht zustimmen, dass die Zellenausläufer sich in je eine Fibrille umwandeln. Die Zellenausläufer, welche die genannten Autoren abbilden, sind doppeltcontourirt, und man kann sie an deren eigenen Abbildungen nicht mit den echten Fibrillen, die sie daneben abbilden, identificiren. In Fig. 7 *g* und Fig. 11 von Kusnetzoff und in Fig. 2 von Obersteiner liegen die Zellen in der Mitte von Fibrillenbündeln, und kann man sich nicht vorstellen, dass die grosse Anzahl der um eine Zelle liegenden Fibrillen durch die Umwandlung von Ausläufern nebenliegender Zellen entstanden sein soll.

Mit Schwann und Boll bin ich darin einverstanden, dass aus jeder Zelle eine Portion des Fibrillenbündels sich bildet, aber ich weiche von ihnen in der Schilderung des Processes der Umwandlung des Zellprotoplasmas in die Fibrillen ab. Sicher wird schliesslich fast der ganze Zellkörper auf die Bildung von Fibrillen verbraucht, so dass nur Reste der Zellkörper um verschmächtigte Kerne übrig bleiben; aber man kann nicht sagen, dass die Zellenausläufer aufgefasert werden. Im Gegentheile, die Fibrillen bilden sich immer auf der Oberfläche der Zellen und Zellenausläufer, und die letzteren liegen, so lange sie existiren, immer in der Mitte des Fibrillenbündels. In der Erkenntniss der letzteren Thatsache liegt auch die Ursache der scharfen Meinungsverschiedenheit der Vertreter der Ansicht von Henle und der Vertreter der Ansicht von Schwann. Die Ersteren leugnen, dass die Zellausläufer zu Fibrillen auswachsen, oder sich in Fibrillen auffasern, und meinen darum, dass die Fibrillen in der Zwischensubstanz unabhängig von Zellen sich bilden.

Nach meinen Untersuchungen geht die Bildung der Fibrillen (in allen von mir untersuchten Objecten) so vor sich, wie dies Rollett für die Nabelschnur beschrieben hat und wie das nach den Angaben von Boll, Max Schulze allgemein voraussetzte,[1]

[1] Boll, loc. cit. S. 36.

nämlich auf der Oberfläche der Bildungszellen. Es ist mir aber gelungen, deutlich zu sehen, dass die Bildungszellen in länglichen Reihen gelagert sind und mit ihren Ausläufern unter einander zusammenhängen. Die Fibrillen bilden sich einer ganzen Zellenreihe entlang auf der Oberfläche der Zellen und Zellenausläufer; dabei sind die Zellen und deren Ausläufer immer von Fibrillen kapselartig umhüllt, wie Rollett in der Nabelschnur gesehen hat. Ob sie mehr oder weniger umhüllt sind, hängt vom Entwicklungsstadium ab. In den frühen Stadien lassen sich verlängerte, gut entwickelte Zellkörper sehen, die nur wenig von Fibrillen umhüllt sind. Bei der weiteren Entwicklung finden sich die verschmächtigten Zellkörper in einer reicheren Fibrillenhülle. Offenbar werden die Zellkörper auf die Bildung der Fibrillen verbraucht, das ist die beste Erklärung für die Verkleinerung der Zellkörper, mit welcher die Vergrösserung der Masse der Fibrillen Hand in Hand geht.

So geht die Bildung der Bindegewebsfibrillen auf der Oberfläche der Bildungszellen aus dem Zellprotoplasma ähnlich vor sich, wie die Bildung der Muskelfibrillen in den embryonalen Muskelzellen. Die Bildung der Bindegewebsfibrillen beginnt auf der Oberfläche der Zelle und schreitet nach und nach auf die nach innen folgenden Schichten der Zellkörper fort. Aus jeder Zellenreihe entsteht ein Fibrillenbündel, wobei einer jeden Zelle eine gewisse Portion dieses Bündels entspricht, und die Reste der Bildungszellen bleiben in der Mitte des Bündels.

Eine andere Analogie würde die Entwicklung der Bindegewebsfibrillen in der Bildung der Hornsubstanzfibrillen in der Rindensubstanz der Haare und Federn finden.

Es wurde von Waldeyer [1] und dann von mir [2] gezeigt, dass die Zellen der Rindensubstanz der Haare und der Federn aus äusserst dünnen Fibrillen bestehen — Hornsubstanzfibrillen, wie Waldeyer sie genannt hat. Ich habe die Bildung dieser Fibrillen in den jungen Zellen der Rindensubstanz der Feder ver-

---

[1] Untersuchungen über die Histogenese der Horngebilde. (Beiträge zur Anatomie etc. als Festgabe, Jacob Henle. 1882.)

[2] Beiträge zur Histologie des Haares, der Borste, des Stachels und der Feder. (Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou. 1884.)

folgt und schon damals auf die Analogie mit der Bildung der Bindegewebsfibrillen hingewiesen. Diese Analogie betrifft nicht nur die Hauptsache — die Bildung der Fibrillen aus dem Zellprotoplasma, sondern auch einige wichtige Einzelheiten dieses Processes. Auch bei den Federn verlängern sich die Zellen und werden in Längsreihen gelagert, in welchen sie untereinander zusammenhängen. Dann bilden sich die Fibrillen. Der Umstand, dass die Fibrillen immer auf der Oberfläche der in zwei entgegengesetzten Richtungen auswachsenden Zellen sich bilden, scheint mir besonders bemerkenswerth. Denn man muss dabei an die Ansicht v. Ebner's[1] denken, dass die Bildung der Fibrillen, wie überhaupt die faserige Structur auf mechanische Momente (auf Spannungen) zurückzuführen ist. Solche Spannungen können aber nach v. Ebner hervorgerufen sein durch Druck und Zug wachsender Elementartheile im Ganzen oder durch Druck- und Zugwirkungen grösserer, von einem gemeinsamen Wachsthume beherrschter Gewebemassen gegen andere Gewebemassen, welche andere Wachsthumsrichtungen zeigen. Da ich mich überzeugt habe, dass sich die Fibrillen immer um verlängerte Zellen bilden, so muss ich vermuthen, dass dieselben mechanischen Momente, welche die Verlängerung der Zellen in zwei entgegengesetzten Richtungen hervorrufen, auch die Differenzirung der Oberflächenschichte der Zellen erzeugen, welche zur Fibrillenbildung führt.

---

[1] Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organisirter Substanzen.

Erklärung der Abbildungen.

(Sämmtliche Figuren sind bei Hartnack System 9, Ocular 2 abgebildet.)

Fig. 1. Eine Reihe von spindelförmigen Zellen aus dem subcutanen Bindegewebe eines 2 *cm* langen Schafembryos. (Chromosmiumessigsäure, Carmin.)

„ 2. Isolirte Zellen aus dem subcutanen Bindegewebe eines 2 *cm* langen Embryos. (Chromosmiumessigsäure, Carmin):
- *a)* sternförmige Zelle,
- *b)* sichelförmige Zelle,
- *c)* kleine, runde Zellen,
- *d)* Übergangsformen (4 Zellen) zwischen kleinen, runden Zellen und sternförmigen Zellen.

„ 3. Isolirte Zellen aus dem subcutanen Bindegewebe eines 5 *cm* langen Embryos. (Chromsäure, Goldchlorid.)

„ 4. Subcutanes Bindegewebe eines $8^1/_2$ *cm* langen Embryos. (Müller'sche Flüssigkeit, Goldchlorid.)

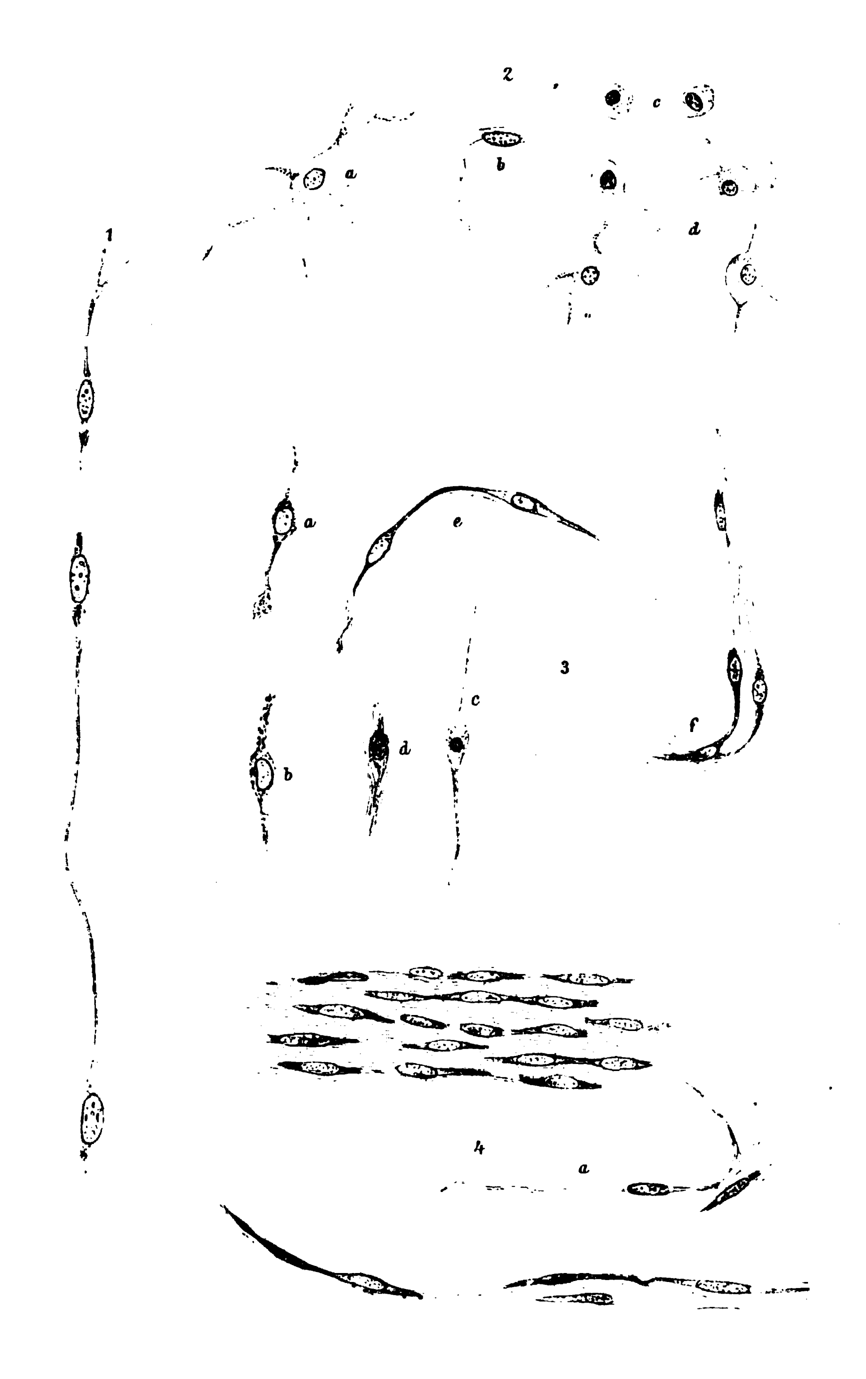
„ 5. Nabelschnur eines 2 *cm* langen Embryos. (Müller'sche Flüssigkeit, Hämatoxylin Renaut.)

„ 6. Eine isolirte Zelle aus dem Netze eines 5 *cm* langen Embryos. (Chromsäure, Goldchlorid.)

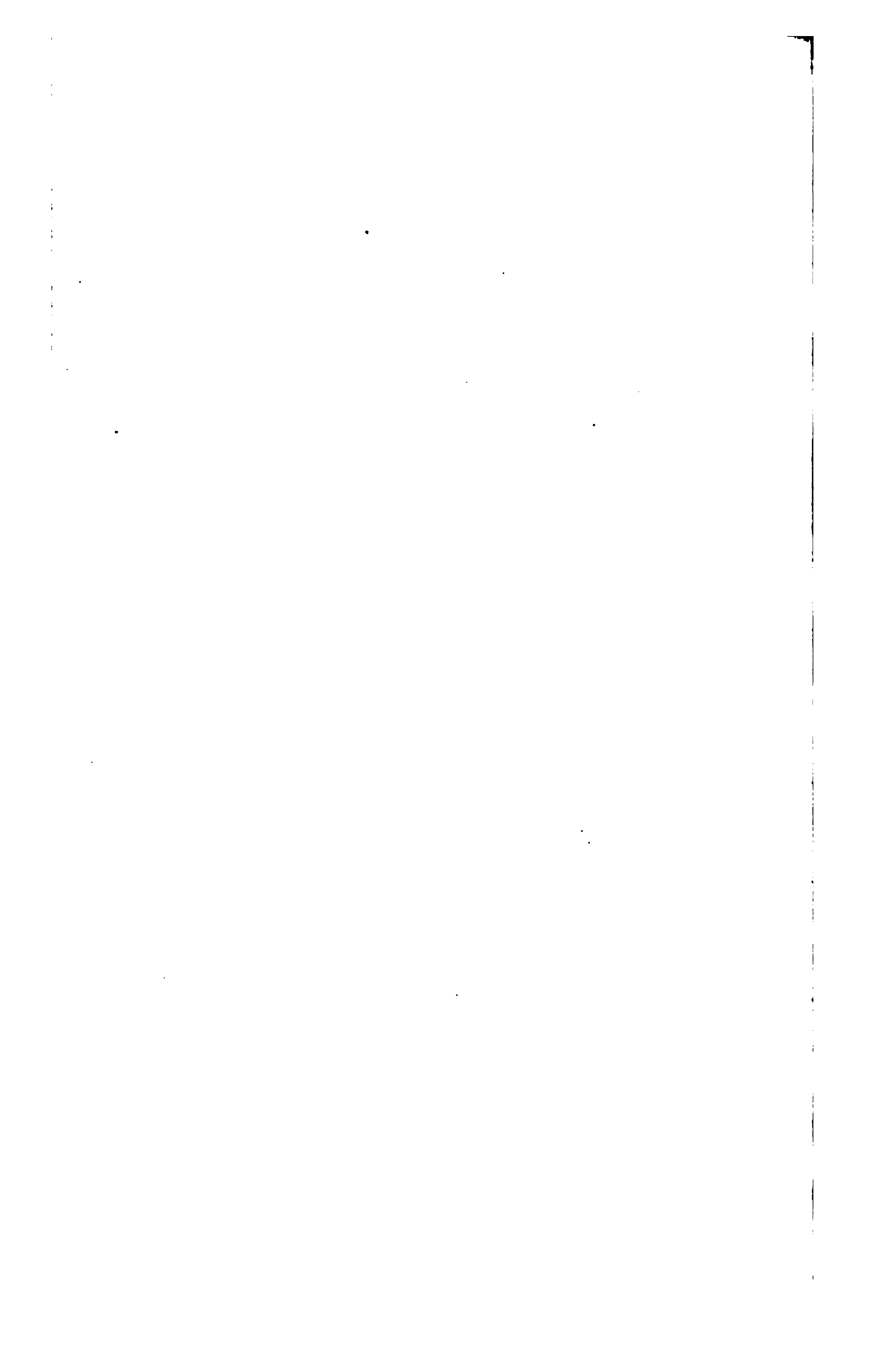
„ 7. Aus dem Netze eines $6^1/_2$ *cm* langen Embryos. (Picrinschwefelsäure, Hämatoxylin Renaut.)

„ 8. Aus dem Netze eines $8^1/_2$ *cm* langen Embryos. (Picrinschwefelsäure, Hämatoxylin Renaut.)

„ 9. Aus der Sehne eines 5 *cm* langen Embryos. (Chromsäure, Carmin.)



Autor delin. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien, VII Bez.





Autor delin. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien, VII Bez.

Zur quantitativen Bestimmung der freien Salzsäure im Magensafte

von

Prof. Dr. R. v. Jaksch in Graz.

Sjöqvist[1] hat jüngst, einer Idee von Mörner folgend, eine Methode angegeben, mittels der es rasch gelingt, die im Magensafte sich findende, freie Salzsäure quantitativ zu bestimmen. Die Methode besteht im Wesentlichen darin, dass durch Überführung der vorhandenen, freien Säuren in ihre Barytsalze, durch Verbrennung der organischen Barytsalze zu kohlensaurem Baryt und durch Extraction mit Wasser Chlorbarium in Lösung geht, das durch Titriren mit doppelt chromsaurem Kalium quantitativ bestimmt wird. So werthvoll diese Methode ist, so schien sie mir doch einiger Verbesserungen fähig, und insbesondere war es für meine an einem anderen Orte ausführlich zu beschreibenden Untersuchungen nothwendig, eine Methode zu besitzen, mittels der es genauer als durch die Titrirmethode gelingt, kleine Mengen freier Salzsäure im Magensafte mit Sicherheit zu bestimmen. Die Methode, der ich mich bediente, ist im Wesentlichen die, welche Sjöqvist angegeben hat, mit dem Unterschiede, dass die vorhandene freie Salzsäure als schwefelsaurer Baryt gewogen wird.

Die Ausführung der Bestimmungen erfolgte in nachstehender Weise: 10 *cm*³ der Versuchsflüssigkeit, respective des Magensaftes wurden mit einem Tropfen neutraler Lakmustinctur versetzt, und absolut chlorfreier, kohlensaurer Baryt hinzugefügt, bis das Gemenge nicht mehr roth gefärbt erschien. Dann bringt man das-

[1] Sjöqvist, Zeitschr. für physiolog. Chemie 13, 1, 1889.

selbe in einer Platin- oder Nickelschale auf ein Wasserbad und dampft unter dem Herde bei sorgfältigem Abschlusse aller Salzsäuredämpfe zur Staubtrockene ein.

Nach dem Eindampfen wird die Schale allmählig erhitzt, bis die organische Substanz verbrannt ist, und nach dem Abkühlen wiederholt mit heissem Wasser extrahirt und filtrirt. Die Menge des klaren Filtrates soll 80 bis 100 cm^3 nicht überschreiten. In dem Filtrate wird das darin enthaltene Chlorbarium als schwefelsaurer Baryt bestimmt.

Bei exacter Durchführung gibt dieses Vorgehen brauchbare Resultate, wie die folgenden Beleganalysen ergeben. Zu diesem Zwecke stellte ich mir Gemenge her, welche neben wechselnden Mengen von kochsalzhältigem Pepton (0·01—0·0003 *g*) und wechselnden Mengen von freier Milchsäure, Essigsäure und Buttersäure (0·05—0·0025 *g* jeder der obengenannten Säuren) wechselnde Mengen freier Salzsäure enthielten. Die Substanzen waren in 1·6—23 cm^3 Wasser enthalten. Zehn Versuche ergaben folgende Zahlen:

	Salzsäure	gefunden	Differenz
I.	0·0871 *g* Salzsäure, gefunden:	0·0853 *g*	—0·0018 *g*
II.	0·0522	0·0526	+0·0004
III.	0·0174	0·0156	—0·0018
IV.	0·0104	0·0096	—0·0008
V.	0·0035	0·0031	—0·0004
VI.	0·0017	0·00095	—0·00075
VII.	0·0017	0·0011	—0·0006
VIII.	0·0009	0·0003	—0·0006
IX.	0.0009	0·0001	—0·0008
X.	0·0009	0·0004	—0·0005

Es lassen sich also noch mehrere Milligramm Salzsäure mit ziemlicher Sicherheit bestimmen, unter diesem Werthe wird die Bestimmung ungenau und treten im Verhältnisse zu der Menge der vorhandenen Salzsäure grosse Differenzen auf. In keinem Versuche überschritt die Differenz zwischen der vorhandenen und gefundenen Menge Salzsäure 0·0018 *g*.

Damit aber die oben angeführten, genauen Resultate erhalten werden, ist es unerlässlich, dass

1. Alle Operationen in einem von Salzsäuredämpfen möglichst freien Raume ausgeführt werden.

2. Das Eindampfen und Verbrennen nicht — wie ich es selbst anfangs that — in der Muffel ausgeführt wird, indem die geringen Mengen von Salzsäuregas, welche in der Laboratoriumsluft enthalten sind und die mit der Flamme über die Schale längere Zeit streichen, das Resultat ungenau machen, d. h. die Totalmenge der Salzsäure erhöhen.

3. Ein zu grosser Überschuss von Baryt vermieden wird.

4. Der zu diesen Versuchen verwendete Baryt absolut chlorfrei ist.

Ich füge ausdrücklich hinzu, dass ich die Nothwendigkeit dieser Bedingungen, von denen nur die letzte von vornherein selbstverständlich erscheint, durch eine Reihe von Bestimmungen als absolut nothwendig kennen gelernt habe.

Eine Reihe von Versuchen (circa 50 Bestimmungen), welche ich in der oben skizzirten Weise mit dem Magensafte des Kindes ausgeführt habe, gaben mir Aufschluss über den zeitlichen Verlauf der Salzsäuresecretion. Ich werde demnächst an einem anderen Orte über dieselben berichten.

Wenn ich diese Methode, welche chemisch nichts Neues bietet, veröffentliche, so hat dies darin seinen Grund, dass sie bei ihrer Handlichkeit und bei den exacten Resultaten, welche sie erzielt, auch in der Hand des Physiologen zur Bestimmung der freien Salzsäure unter den verschiedensten Bedingungen sich bewähren dürfte, wie ich bei der Untersuchung anderer Secrete bereits erfahren habe.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XCVIII. Band. VI. Heft.

ABTHEILUNG III.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie, des Menschen und der Thiere; sowie aus jenem der theoretischen Medicin.

XIV. SITZUNG VOM 6. JUNI 1889.

Das Curatorium der Schwestern Fröhlich-Stiftung in Wien übermittelt die diesjährige Kundmachung über die Verleihung von Stipendien und Pensionen aus dieser Stiftung an Künstler und Gelehrte.

Das w. M. Herr Regierungsrath Prof. A. Rollett in Graz übersendet eine von Herrn Hermann Franz Müller im physiologischen Institute der Grazer Universität ausgeführte Arbeit: „Zur Frage der Blutbildung."

Das w. M. Herr Regierungsrath Prof. Dr. E. Mach in Prag übersendet eine Abhandlung von Dr. O. Tumlirz, betitelt: „Das mechanische Äquivalent des Lichtes."

Der Secretär legt zwei versiegelte Schreiben behufs Wahrung der Priorität vor, und zwar:

1. Von Herrn Franz Müller in Siegenfeld (Niederösterreich) mit der Aufschrift: „Hilfsmittel zur Verbreitung nützlicher Kenntnisse."
2. Von Prof. Dr. A. Grünwald in Prag mit der Aufschrift: „Copie eines Briefes an Herrn Prof. Dr. G. Krüss in München vom 26. Mai 1889 mit weiteren Mittheilungen über die Ergebnisse der vergleichenden Spectralanalyse des Kobalt's und Nickel's."

Das w. M. Herr Prof. J. Loschmidt überreicht eine Abhandlung von Dr. Theodor Gross in Berlin: „Beiträge zur Theorie des galvanischen Stromes."

Herr Dr. M. Margules in Wien überreicht eine Abhandlung: „Über die Abweichungen eines comprimirten Gasgemisches vom Gesetze des Partialdrucks."

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

E Museo Lundii. Herausgegeben im Auftrage der königl. dänischen Gesellschaft der Wissenschaften in Kopenhagen auf Kosten des Carlsberg-Fondes, von Chr. Fr. Lütken. I. Bd. Kopenhagen 1888; 4°.

Internationale Erdmessung. Das Schweizerische Dreiecknetz. Herausgegeben von der Schweizerischen geodätischen Commission. IV. Bd. Die Anschlussnetze der Grundlinien. Zürich. 1889; 4°.

Mocsáry Alex., Monographia Chrysididarum Orbis Terrarum Universi. (Tabulae I., II.) Budapest, 1889; 4°.

Scacchi Arcangelo, Catalogo dei Minerali e delle Rocce Vesuviane per servire alla Storia del Vesuvio ed al Commercio dei suoi prodotti.

Zur Frage der Blutbildung

von

Hermann Franz Müller.

Aus dem physiologischen Institute der k. k. Universität in Graz.

(Mit 5 Tafeln.)

Für die Untersuchung der Bildung der zelligen Elemente des Blutes wurde älteren, wenig sicher begründeten Annahmen gegenüber eine sichere Grundlage erst durch Löwit[1] geschaffen, welcher sich für das Studium der Vorgänge bei der Neubildung der zelligen Elemente des Blutes die von Flemming, Strasburger, Retzius u. A. ermittelten Thatsachen über Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung zu Nutze machte. In der Absicht, mich über die Vorgänge der Vermehrung der zelligen Bestandtheile des Blutes zu orientiren, unternahm ich eine Reihe von Untersuchungen, bei welchen ich gleichzeitig die Vorgänge in den Zellkernen nach den Methoden von Flemming, die Zellsubstanz aber in Bezug auf ihr Verhalten zu Färbemitteln verfolgte. Ich fand nun, dass die Vergleichung der nach beiden Methoden erhaltenen Resultate zu einer Anschauung über die Genese der zelligen Elemente des Blutes führt, welche von jener Löwit's sich dadurch unterscheidet, dass nicht wie bei dieser

---

[1] M. Löwit, Über die Bildung rother und weisser Blutkörperchen, Diese Sitzungsber. 88. Bd. III. Abth., Oct.-Heft, Jahrg. 1883; Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen. Ein Beitrag zur Lehre v. d. Leukämie, 92. Bd. III. Abth., Juni-Heft, Jahrg. 1885; Die Umwandlung der Erythroblasten in rothe Blutkörperchen. Ein Beitrag zur Lehre v. d. Blutbildung u. d. Anämie, 95. Bd. III. Abth., März-Heft, Jahrg. 1887; Beiträge zur Lehre v. d. Leukämie. 95. Bd., III. Abth., Mai-Heft 1887.

zwei völlig getrennte Entwicklungsreihen, eine für die rothen, die andere für die weissen Blutzellen, aufzustellen sind, sondern für die Entwicklungsreihe der rothen und für die der weissen ein einheitlicher Ausgangspunkt in bestimmten Zellen des Blutes nachzuweisen ist.

Für die Untersuchung dienten das circulirende Blut von Kalt- und Warmblütern, die Milz von Kalt- und Warmblütern, die Lymphdrüsen und das rothe Knochenmark der letzteren.

Ich werde im Nachfolgenden meine Beobachtungen so mittheilen, dass ich jede der einzelnen Zellarten des Blutes und der Blutbildungsstätten aufeinanderfolgend im Zusammenhange behandeln werde, und zwar zuerst die Zellen im Blute und den blutbildenden Organen der Kaltblüter und dann jene im Blute und den blutbildenden Organen des Warmblüter. Das Genauere über die angewandten Methoden werde ich an einzelnen Orten einflechten.

I. Kaltblüter.

A. Erythrocyten.

Als „Erythrocyten" werde ich mit Rücksicht auf den gebräuchlich gewordenen Ausdruck „Leukocyten" die ausgebildeten rothen Blutkörperchen der Kürze wegen bezeichnen.

Sie wurden im circulirenden Blute, in der ausgedrückten Milzpulpa und auf Schnitten durch das letztere Organ und zwar beim Frosche und Triton untersucht.

Von den Erythrocyten werden hier nur jene Beobachtungen angeführt werden, welche für die späteren Darlegungen über die anderen Zellen des Blutes und die Entstehung der Erythrocyten gebraucht werden.

Circulirendes Blut und Milzsaft wurden nach der Trockenmethode des Blutes von Ehrlich, deren sich auch Löwit ursprünglich bediente, untersucht.

War das in sehr dünner Schichte auf das Deckglas aufgetragene Präparat an der Luft vollständig getrocknet und nachträglich auf 125° C. erhitzt (durch zwei Stunden), so ergibt eine Doppelfärbung mit Aurantia und Methylenblau ein auffallendes und bestimmtes Bild. Ein Tropfen einer concentrirten alkoholischen (Löwit) Lösung von Aurantia wird auf das Deckglaspräparat gebracht, vertheilt und eindunsten gelassen und darauf

mit einem zweiten Tropfen dasselbe wiederholt; hierauf wird mit Alkohol abgespült, wonach der Farbstoff aus den Kernen verschwindet, während er von der hämoglobinhältigen Substanz der rothen Blutkörperchen festgehalten wird. Trocknet man dann wieder und lässt eine starke Lösung von Methylenblau in Wasser fünf bis zehn Minuten, oder auch länger einwirken, spült dann in Wasser ab und lässt die Präparate wieder an der Luft trocknen, so haben sich nun die Kerne mit Methylenblau gefärbt; solche Präparate können dann in Damarharz in Xylol eingeschlossen werden. An solchen Präparaten ist der Zellkörper der Erythrocyten rein gelb, der Kern blau gefärbt (Taf. IV, Fig. 5).

Für die Untersuchung der Kernstructur verfuhr ich in der folgenden Weise. Die Trockenpräparate, gleichgiltig ob nachträglich noch erhitzt oder nicht erhitzt, wurden fünf Stunden mit Flemming'schem Chrom-Osmium-Essigsäuregemische nachbehandelt (Löwit), 12 bis 24 Stunden in Wasser gewaschen, dann mit Safranin gefärbt. In der Farblösung, entweder wässerig-alkoholischer (nach Flemming) oder concentrirter wässeriger Lösung (nach Babes[iu]),[1] verblieben die Trockenpräparate zwei bis sechs Tage, wurden in Wasser abgespült, dann einige Secunden der Einwirkung angesäuerten Alkohols ($^1/_2$% HCl) ausgesetzt, sofort in Wasser gut abgespült, an der Luft getrocknet, mit Nelken- oder Terpentinöl aufgehellt und hierauf eingeschlossen. Anstatt des Flemming'schen Gemisches kann auch $^1/_6$% Chromsäure angewendet werden. In dieser Flüssigkeit bleiben die erhitzten Trockenpräparate mehrere Tage, werden gut in Wasser gewaschen (12 bis 24 Stunden), um dann mit Safranin oder Hämatoxylin gefärbt zu werden.

Trockenpräparate, die in der angeführten Weise mit Chromsäure behandelt wurden, zeigten sich nach vollendetem Auswaschen auch sehr geeignet für die Vergoldung, wie sie Pfitzner[2] für Schnitte von Chromsäurepräparaten übte. Die

[1] V. Babes (iu), Über einige Färbungsmethoden, besonders für krankhafte Gewebe, mittelst Safranin und deren Resultate. Arch. f. mikr. An. Bd. 22, 1883, S. 356.

[2] W. Pfitzner, Die Epidermis der Amphibien. Morphol. Jahrb. VI, 1880, S. 469; Über den feineren Bau der bei der Zelltheilung auftretenden fadenförmigen Differenzirungen des Zellkerns. Morph. Jahrb. VII, 1882, S. 289.

Präparate wurden zu dem Ende eine halbe Stunde unter Lichtabschluss in eine mit Salzsäure schwach angesäuerte $1^0/_0$ Lösung von Goldchlorid gelegt und in destillirtem Wasser abgespült; die Reduction geschah bei Licht in $5^0/_0$. Ameisensäure, in welcher die Präparate 12 bis 24 Stunden verweilten. Zur Vergoldung eignen sich ferner auch Schnitte der Milz, die vorher drei Wochen in $^1/_6{}^0/_0$. Chromsäure gelegen, dann drei bis fünf Tage in Wasser gewaschen wurde.

Solche Schnitte, und ebenso die von Milzen, die durch 24 Stunden in Flemming'schem Gemische gelegen waren, dann vier bis fünf Tage in fliessendem Wasser gewaschen und drei bis fünf Tage in Alkohol gehärtet wurden, können auch mit Safranin gefärbt werden (concentrirte wässerige Lösung, zwei Tage lang), hierauf Abspülen der Schnitte in Wasser, Salzsäure-Alkohol, absoluten Alkohol, Aufhellen, Einschluss. Die Schnitte von den in Chromsäure gelegenen Milzen eignen sich auch gut zur Behandlung mit verdünntem Hämatoxylin nach Böhmer.

Auf die hier bei den Erythrocyten angeführten Methoden werde ich später bei der Behandlung der anderen Zellen des Blutes oft zu verweisen haben.

Über die Trockenmethode, welche im Laufe dieser Untersuchungen oft und verschiedenartig angewendet wurde, mögen mir einige Bemerkungen erlaubt werden, da gegen dieselbe Bedenken erhoben wurden, und namentlich Löwit, der selbst anfänglich[1] diese Methode gebrauchte, dieselbe für Blutuntersuchungen als ungeeignet bezeichnet hat.[2]

Nach den im Laufe der Untersuchungen gewonnenen Erfahrungen über die Trockenmethode muss ich mich auf Seite Ehrlich's stellen, welcher durch seine auf Trockenpräparate angewendeten Färbemethoden ganz bestimmte Unterscheidungen verschiedener Arten von Leukocyten vornehmen konnte, was gewiss nicht hätte erreicht werden können, wenn beim Trocknen ganz unregelmässige und mannigfach abweichende Veränderungen der zelligen Elemente des Blutstropfens auftreten würden.

---

[1] M. Löwit, Über die Bildung rother und weisser Blutkörperchen l. c.

[2] M. Löwit, Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperch. l. c.

Was die Angabe Löwit's betrifft, dass beim Antrocknen der Leukocyten an die Glasfläche Veränderungen ihrer Kerne auftreten, so dass in Präparaten aus leukämischem Blute die meisten Leukocyten polymorph-kernig oder multinucleär erschienen, während sie bei denselben Fällen in 1% Kochsalzlösung aufgefangen und mit Methylviolett oder Gentiana gefärbt exquisit kreisförmige und nur in der Einzahl vorhandene Kerne zeigten, so kann ich dies nicht bestätigen; aber es kommt dabei natürlich sehr wesentlich auf eine genaue Einhaltung bestimmter Regeln beim Auftragen und dem Antrocknen der Blutschichte an.

Ich brachte das Blut, welches zur Fixirung durch die Trockenmethode gebracht werden sollte, auf ein Deckglas, vermied es aber, den Blutstropfen dem Drucke der beiden über einander gelegten Deckgläser (Methode Ehrlich's) auszusetzen, weil schon dadurch, wie bereits Fränkel[1] bemerkte, die Blutzellen geschädigt werden können.

Das eine sorgfältig gereinigte Deckgläschen, auf welches die Blutschichte aufgetragen werden sollte, nahm ich zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand, so dass die Fläche des Gläschens horizontal lag und die Finger an die linken Ecken zu liegen kamen. Auf ein zweites Deckglas brachte ich aus dem Herzen des Thieres oder von einer frischen Schnittfläche einer Milz, die an der gegenüberliegenden Seite mit einer Pincette etwas gedrückt wurde, einen Tropfen Flüssigkeit, indem ich rasch den Saum des Deckgläschens über den austretenden Tropfen hinüberzog. Dieses zweite Deckglas wird nun mit der rechten Hand über die Fläche des ersten mit dem benetzten Saume in geneigter Lage hinübergezogen, so dass die beim Aufsetzen in dem von beiden Gläschen gebildeten, mehr oder minder spitzen Winkel angesammelte Flüssigkeit rasch auf dem von der linken Hand gehaltenen Deckglase sich ausbreitet. Dieses Verfahren ermöglicht rasches Arbeiten und liefert eine dünne, gleichmässige Blutschichte.

Auf diese Weise erhaltene Trockenpräparate verhalten sich, wenn rasch gearbeitet wurde, und die Blutschichte die gehörige Dicke besass, gegenüber späteren Präparationsmethoden nahezu wie frisches Blut, wie man sich durch Vergleichung leicht über-

---

[1] C. Fränkel, Grundriss der Bacterienkunde, 7. Aufl., Berlin 1887, S. 70.

zeugen wird. Das nachträgliche Erhitzen ändert, wenn es nur allmählig vorgenommen wird, in Bezug darauf nichts; erhitzte Präparate können aber dann durch lange Zeit für nachträgliche Weiterverarbeitung ohne Schaden aufbewahrt werden, was bei den nur an der Luft getrockneten nicht gut möglich ist.[1]

Es wurde bemerkt, dass rasch gearbeitet werden müsse, weil schon eine geringe Verzögerung zwischen Sammeln des Blutes und Trocknen genügt, um namentlich an den leicht veränderlichen Erythrocyten Veränderungen hervorzurufen. Übrigens ist die genauere Untersuchung dieser Veränderungen namentlich in Bezug auf das Verhalten der Kerne von einigem Interesse.

Besehen wir uns nun die Erythrocyten an unseren Präparaten genauer, so ist das Folgende davon besonders zu erwähnen. Der Zelleib von Erythrocyten, welche in Schnitten von in Chromsäure gehärteter Milz beobachtet werden (Taf. V, Fig. 13), enthält ein unregelmässiges System[2] feiner Fasern und runde oder ovale Körnchen. Die Fasern und Körnchen färben sich in Safranin nicht, treten jedoch an vergoldeten Schnittpräparaten durch leichte Färbung hervor.

Die Fasern bilden mitunter ein deutliches Netzwerk, welches weder beim Ansatze an dem den Zellkörper umsäumenden Contour, noch an den Netzecken Verdickungen zeigt. Ebenso ist der Kern von einem ihm nahe anliegenden dünnen Streifen umgeben, der von der gleichen Beschaffenheit ist wie die Fäden des bald dichter, bald lockerer vorhandenen Netzwerkes; stellenweise sind in seinem Verlaufe deutliche Unterbrechungen wahrzunehmen.

Ähnliche Bilder hat bereits Pfitzner beschrieben.

Ob dieses Fadenwerk einen treu conservirten Zustand des Zellkörpers zum Ausdruck bringt, ein Cytomitom (Flemming) ist, soll hier nicht entschieden werden. Es müsste das Fadenwerk jedenfalls auch an anders behandelten Erythrocyten aufgesucht werden, nachdem die Chromsäure, wie Tangl[3] bemerkt, die Zellkörperchen nicht sehr treu erhält. An Chrom-Osmium-Essigsäure-Schnittpräparaten und an nach der Trockenmethode

[1] Aus diesem Grunde bediente ich mich fast nur erhitzter Präparate.

[2] Vgl. W. Pfitzner, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 22, S. 658 u 681 u. ff.

[3] F. Tangl, Über das Verhältniss zwischen Zellkörper und Kern während der mitotischen Theilung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 30, 1887, S. 529 ff.

angefertigten Präparaten ist von dem früher beschriebenen Fadenwerke nichts zu sehen. An diesen Präparaten reicht der Blutfarbstoff, der den ganzen Zelleib erfüllt, bis an die chromatische Kernmembran heran und ist eine achromatische[1] Kernmembran (innere Zellmembran Pfitzner's) nicht wahrzunehmen.

An den Schnitten der mit Chromsäure behandelten Milzen (s. Taf. I) erscheint der Kern des Erythrocyten bei Safraninfärbung (in concentrirter wässeriger Lösung) leuchtend roth gefärbt, was schon jetzt hervorgehoben werden muss, weil, wie wir später sehen werden, diese Färbung wesentlich verschieden ist von jener, welche die weissen Blutkörperchen bei derselben Behandlung zeigen. Die Kerne der Erythrocyten sind in diffuser Weise gefärbt, mit einer unregelmässigen, wolkigen Zeichnung (Taf. V, Fig. 13). Die chromatische Substanz erfüllt also die Kerne in stark gequollener Form, ein Zustand, welcher der Wirkung der Chromsäure zuzuschreiben ist.[2]

An Schnitten von Milzen, die in dem Flemming'schen Gemische gelegen waren und in Safranin tingirt wurden, erscheint der Kern der Erythrocyten ringsum scharf durch einen dicken Contour, der dieselbe Färbung besitzt wie die im Innern des Kerns gelagerte chromatische Substanz, gegen den Zellkörper abgeschlossen. Dieser Contour, der den Kern ohne Unterbrechungen umgibt und als der Ausdruck einer chromatischen Kernmembran (chromatischen Kernwandschichte) aufzufassen ist, ist nicht in seiner ganzen Ausdehnung isolirt zu sehen; die enge anliegenden Balken des ungemein gedichteten Balkenwerkes erlauben nicht leicht, ihn vollkommen gegen die anlagernden chromatischen Balken abzugrenzen. Die Balken im Innern des Kernes scheinen ein dichtes Netzwerk mit Verdickungen in den Netzknoten (Pseudonucleolen-Flemming) zu bilden. Löwit fasst die Kern-

---

[1] Vgl. W. Flemming, Zellsubstanz, Kern- u. Zelltheilung, S. 169.

[2] Vgl. W. Flemming, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 16, S. 396; Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung. S. 263. Ebenso dürfte die Anordnung der chromatischen Substanz der Kerne der Rothen in Form ganz deutlich begrenzter, grober, zum Theil zu plumpen Haken geformter „Chromatinmassen", wie sie Rabl (Morph. Jahrb. X, 1885, S. 318) nach Behandlung der Blutzellen mit $^1/_8$% Chlorgoldlösung vorfindet, auf Reagenswirkung zurückzuführen sein.

structur als ein zusammenhängendes Netzwerk chromatischer Fasern auf, allein, da die Netze sehr dicht sind, lässt sich die von Löwit[1] berührte Möglichkeit, „dass unzusammenhängende, aber dicht beisammen liegende Chromatinbänder den Eindruck eines Netzwerkes vortäuschen“, nicht abweisen. Wir werden später sehen, dass Discontinuitäten des Netzwerkes auch durch Wirkung von Quellungsvorgängen zu Stande kommen können.

Echte Nucleolen (im Sinne Flemming's) konnte ich an meinen Präparaten, Schnitt- und Trockenpräparaten, nicht wahrnehmen.[2]

An Trockenpräparaten ist der Zelleib eines unveränderten Erythrocyten immer vollkommen oval; nur durch Aneinanderlagerung von Erythrocyten im Schnitte oder Trockenpräparate oder durch Quellung können unregelmässige Formen sich bilden, deren Entstehen aus den genannten Gründen immer leicht erkenntlich ist.

Die Zellsubstanz erscheint in Trockenpräparaten vollkommen homogen, ohne irgend welche Granulationen.

An mit Flemming'schem Gemische nachbehandelten Trockenpräparaten färben sich die Kerne der Erythrocyten in Safranin intensiv roth; der Zelleib erscheint gleichmässig schwach roth gefärbt. Den richtigen Grad der Entfärbung (mit säurehältigem Alkohol) entnahm ich später anzuführenden Beobachtungen an in Mitose begriffenen Zellen, bei welchen dann die richtige Färbung erhalten ist, wenn die chromatischen Schleifen der Kerntheilungsfiguren scharf gefärbt von dem wenig gefärbten Zelleibe sich abheben, wobei zugleich der Kernsaft der Knäuelformen des Kernes vollständig entfärbt erscheint. Dann erscheint auch die Kerngrundsubstanz der Kerne der Erythrocyten farblos.

Die an solchen Trockenpräparaten zur Ansicht kommende Structur der Kerne der Erythrocyten stimmt mit der an Schnitten überein, welche von Milzen stammen, die vorher mit dem Flemming'schen Gemische behandelt wurden.

---

[1] M. Löwit, Über Neubildung u. Zerfall weisser Blutkörperchen, Sep. Abdr., S. 13.

[2] Vgl. W. Flemming, Zellsubstanz, Kern u. Zelltheilung. Leipzig 1882, S. 143 u. 146; M. Löwit, Über Neubildung u. Zerfall weisser Blutkörperchen, S. 13; L. Török, Die Theilung der rothen Blutzellen bei Amphibien. Arch. f. mikr. An., Bd. 32, 1888, S. 603 ff. und W. Pfitzner, Zur pathol. Anatomie des Zellkerns. Virch. Arch. Bd. 103 1886, S. 175.

Wenn man nach der früher beschriebenen Art und Weise sich Trockenpräparate anfertigt, so sieht man in dem Falle, wo nicht mehr ganz frisches Blut oder Milzsaft zur Verarbeitung kam oder die aufgetragene Schichte wegen grösserer Dicke nicht rasch genug trocknete, an den Erythrocyten eine Reihe von Veränderungen auftreten, die uns jetzt besonders beschäftigen sollen. Diese Veränderungen erscheinen, wenn man Serien von Trockenpräparaten desselben Objectes anfertigt, um so reichlicher, je weiter das bestimmte Präparat zeitlich von den zuerst gewonnenen abliegt; während in den erst gewonnenen und den zunächst sich anschliessenden Präparaten Erythrocyten mit den eben beschriebenen Eigenschaften der unversehrten Zelle allein oder doch in weitaus überwiegender Mehrzahl vorhanden sind, erscheinen in späteren Präparaten viele in einem veränderten, gequollenen Zustande. Diese müssen offenbar als Formen angesehen werden, welche, während der Blutstropfen noch flüssig war, Zeit hatten, diese Veränderungen einzugehen und in einem bestimmten Stadium derselben durch das Trocknen erreicht und so fixirt wurden. Um an solchen Präparaten differenzirende Kernfärbungen vornehmen zu können, ist es aber nothwendig, sie vor der Färbung (mit Safranin) mit dem Flemming'schen Gemische zu behandeln. Auf solche Präparate bezieht sich die nachfolgende Beschreibung.

Eines der ersten sichtbaren Kennzeichen quellender Erythrocyten ist die Abgabe des Blutfarbstoffes (Taf. V, Fig. 1 und 2). Ist aller Blutfarbestoff aus den Körperchen verschwunden, dann ist oft vom Zelleibe nichts mehr zu sehen, während der Kern verhältnissmässig noch geringe Veränderungen darbietet. (Taf. V, Fig. 3, 4, 5.) Endlich quillt aber auch der Kern selbst. Er bläht sich etwas auf, die chromatischen Balken ziehen und schieben sich zu Klumpen und Strängen gegen das Innere des Kerns zusammen, die Peripherie freigebend, oder es trennen sich Theile von den Balken ab. Immer noch ist eine vollkommen geschlossene, unterbrechungslose chromatische Abgrenzung des Kerns ersichtlich, welche im Gegensatz zu den stärker quellenden Balken nur wenig an Dicke zunimmt. (Fig. 2, 3, 4, 5, Taf. V.) An den stärker gequollenen Kernen (Taf. V, Fig. 6, 7, 8) treten an Stelle der chromatischen Balken durch theilweises Zusammenfliessen des Chromatins Klumpen und Stränge chromatischer Substanz; die

Structur des Kernes erscheint wesentlich verändert. Diese Klumpen und Stränge erscheinen dann auch viel weniger gefärbt, heben sich aber von der farblos bleibenden Grundsubstanz des Kernes noch immer deutlich ab (Taf. V, Fig. 6). Bei noch fortdauernder Quellung nimmt der Kern noch bedeutend an Grösse zu. Die durch das Zusammenfliessen des chromatinhältigen Gerüstes entstehenden Klumpen und Bänder schwellen an, werden blässer und zerfliessen schliesslich ganz; an Stelle des Kernes erscheint eine diffuse, wolkige Zeichnung, nur hie und da sind stärker tingirte Reste des Gerüstes zu bemerken. (Fig. 7, 8, Taf. V.) Auch die Kernmembran verliert endlich an Färbbarkeit, ist jedoch an Stellen des Kernes, wo die gequollenen Chromatinmassen der Membran nicht ganz dicht anliegen, noch immer deutlich zu sehen. In den Endstadien der Veränderung zeigen sich die Kerne als schwach gefärbte, an Form und Grösse wechselnde, unregelmässige Schatten, die hie und da durchbrochen sind und dadurch noch ihr Entstehen aus mächtig gequollenen, in einander fliessenden Strängen verrathen (Taf. V, Fig. 8—12).

Die vorangehende Schilderung der Veränderungen der Kerne der Erythrocyten wurde aus dem Grunde ausführlicher gemacht, weil an den gut gekannten Kernen der genannten Zellen gezeigt werden kann, dass Kerne mit deutlicher Netzstructur durch Quellung eine ganz abweichende Anordnung der chromatischen Substanz erhalten können. In Sonderheit ist die grosse Ähnlichkeit der durch Quellung veränderten Kernstructur der Erythrocyten in Stadien der Quellung Fig. 3, 4, 5, 6, Taf. V, mit der von Löwit[1] und Denys[2] beschriebenen Structur der Kerne der Leukocyten und Leukoblasten sehr augenfällig. Gegen eine Verwechslung mit solchen Kernen schützt die Beobachtung aller Übergangsstadien von den noch wenig gequollenen Kernen der Erythrocyten, bis zu den stark gequollenen Kernen derselben. Bei den Leukocyten werden wir überdies stets deutlich eine Protoplasmahülle von ganz eigenthümlicher Beschaffenheit beobachten.

---

[1] M. Löwit, Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen.

[2] J. Denys, Sur la structure de la moelle des os et la genèse du sang chez les oiseaux. La Cellule, recueil de cytologie et d'histologie générale. Publ. par J. B. Carnoy, Tome IV, pag. 199.

B. Leukocyten.

In Bezug auf die Leukocyten scheint es vorerst nothwendig, einige Bemerkungen über die Untersuchungen, welche Max Schultze und Ehrlich an diesen Zellen angestellt haben und über die Beziehungen der von diesen Autoren gewonnenen Resultate zu einander zu machen.

Max Schultze[1] unterscheidet im frischen, circulirenden Menschenblute folgende Formen von Leukocyten. Kleinste Formen, deren Grösse die der Erythrocyten nicht erreicht, mit einem grossen kugeligen Kerne und einer Protoplasmahülle; diesen sollen sich solche beiordnen, die durch ihre Grösse und zwei nebeneinanderliegende und mit abgeplatteten Flächen eineinander berührende Kerne mit deutlichem Kernkörperchen auffallen. Als weitere Formen reihen sich jenen unmittelbar an etwas grössere, von dem Durchmesser der Erythrocyten oder nur etwas kleiner; ihr Protoplasma ist in ansehnlicherer Menge vorhanden, ihr Kern von der Grösse jenes der vorhergehenden. An dritter Stelle führt Max Schultze die weissen Blutkörperchen an, welche man gewöhnlich als die typische Form bezeichnet; sie sind im ruhenden Zustande kugelig, ihre Grösse übertrifft die der Erythrocyten etwas, höchstens um die Hälfte. Ihre Kerne sieht man nur ausnahmsweise blass durchschimmern, einen, zwei, auch mehr an Zahl; die Grösse der Kerne ist wechselnd, bei den einkernigen gleich, bei den mehrkernigen kleiner als die Grösse des Kerns der früheren Formen. Diese Art der Leukocyten bezeichnet Max Schultze im Anschlusse an Wharton Jones als „feingranulirte". Ferner führt Max Schultze an die „grobgranulirten" Leukocyten, in Bezug auf die Form den früheren ähnlich, enthalten sie eine ansehnliche Menge kleiner, stark lichtbrechender, kugeliger Körner, von dem Glanze feinster Fetttröpfchen. Die Zellkerne derselben sind meist deutlich wahrzunehmen, freilich nicht immer scharf begrenzt, die Stelle des Kernes erscheint frei von Körnchen als heller Fleck. Die Zahl der Kerne beträgt einen oder zwei, im letzteren Falle können sie dicht beisammen oder auch an entgegengesetzten Enden der Zelle liegen. Schliesslich führt Max

[1] M. Schultze, Ein heizbarer Objecttisch und seine Verwendung bei Untersuchungen des Blutes. Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. I, S. 1.

Schultze Übergangsformen zwischen den fein- und grobgranulirten Leukocyten an, Körperchen, welche nur einige grobe, stark lichtbrechende Körnchen enthalten.

Ehrlich [1] fand bei Anwendung verschiedener Anilinfarben, dass die Leukocyten sich in mehrere Arten trennen lassen, deren hauptsächlichster Unterschied in dem mikrochemischen Verhalten der in denselben enthaltenen Granula zu bestimmten Farbstoffen besteht. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Arbeiten von Ehrlich, Westphal,[2] Schwarze,[3] Spilling,[4] und Einhorn,[5] und führe die von Ehrlich unterschiedenen Arten an: Leukocyten mit α-, (eosinophile, oxyphile [Schwarze]),[6] β-(amphophile),[7] γ-) Mastzellen),[8] δ-(basophile),[9] und ε-Granula (neutrophile).[10]

Vergleicht man die auf Grund des mikrochemischen Verhaltens der Granula von Ehrlich [11] aufgestellten Formen mit den von Max Schultze durch ihr morphologisches Verhalten charakterisirten Formen, so ergibt sich, dass die Unterscheidungen Ehrlich's und Max Schultze's in Parallele gesetzt werden können.

Vergleicht man die eosinophilen Zellen (Taf. IV, Fig. 3) Ehrlich's in Bezug auf die Form und Beschaffenheit der Zellkörper und der Kerne mit Max Schultze's grobgranulirten

---

1 P. Ehrlich, Über die specifischen Granulationen des Blutes. Arch. f. Anat. u. Physiol. phys. Abth. 1879, S. 571. — Methodologische Beiträge zur Physiologie und Pathologie der verschiedenen Formen der Leukocyten. Zeitschr. f. klinische Med. Bd. I, 1880, S. 553.

2 E. Westphal, Über Mastzellen. Inaug. Diss. Berlin 1880.

3 G. Schwarze, Über eosinophile Zellen. Inaug. Diss. Berlin 1880.

4 E. Spilling, Über Blutuntersuchungen bei Leukämie. Inaug. Diss. Berlin 1880.

5 M. Einhorn, Über das Verhalten der Lymphocyten zu den weissen Blutkörperchen. Inaug. Diss. Berlin 1884.

6 Färbemittel, Eosin und „saure“ Farbstoffe.

7 Färbemittel, Indulin.

8 Färbemittel, Dahlia und „basische“ Farbstoffe.

9 Färbemittel, „Basische“ Farbstoffe.

10 Färbemittel, „Neutrale“ Farbstoffe. Das Nähere bei Ehrlich und den A. l. c.

11 Vgl. auch R. Norris, (The physiology and pathology of the blood. London 1882, pag. 103 u. 120.)

Leukocyten (Rindfleisch's Körnchenzellen),[1] so ergibt sich eine völlige Übereinstimmung beider; die Eosinfärbung[2] bietet somit einen leichten und sicheren Behelf zur Unterscheidung dieser Zellen.

Die Zellen mit amphophilen Granulis müssen auch den grobgranulirten zugerechnet werden. Ehrlich selbst hebt die nahe Verwandtschaft der α- und β-Granula hervor. Die Leukocyten mit den β-Granulationen werden ferner nicht bei allen Thieren gefunden und färben sich wie die α-Granulationen auch mit Eosin.

Die „Mastzellen"[3] kommen für das normale Blut der Säugethiere nicht in Betracht. Sie finden sich dagegen im leukämischen Blute, wo ich sie nach den von Ehrlich angegebenen Methoden leicht darstellen konnte (Taf. IV, Fig. 4).

Die ε-Leukocyten Ehrlich's decken sich mit Max Schultze's grossen, feingranulirten weissen Blutkörperchen. Ebenso entsprechen Ehrlich's mononucleäre Leukocyten mit δ-Granulation Max Schultze's kleinsten und mittelgrossen farblosen (einkernigen) Blutkörperchen.

Die Übergangsformen Max Schultze's zwischen fein- und grobgranulirten Leukocyten erweisen sich als eosinophile, die nur wenig oxyphile Granula enthalten.

Der Umstand, dass zwei nach verschiedenen Gesichtspunkten gewonnene Eintheilungen der farblosen Blutkörperchen, nach Max Schultze und Ehrlich, in Parallele gesetzt werden können, erscheint desshalb von Bedeutung, weil dadurch die Anwendung der Färbemethoden zur Unterscheidung der Zellen einen mehr sicheren Rückhalt gewinnt.

---

[1] E. Rindfleisch, Experimental-Studien über die Histologie des Blutes. Leipzig 1863.

[2] Arnold bemerkt (Arch. f. mikr. An. Bd. 30, S. 224) über die grobgranulirten Wanderzellen, dass sie in hohem Grade eosinophil sind.

[3] Vgl. P. Ehrlich, Beiträge zur Kenntniss der Anilinfärbungen und ihrer Verwendung in der mikroskopischen Technik. Arch. f. mikr. An. Bd. 13, S. 262; Beiträge zur Kenntniss der granulirten Bindegewebszellen und der eosinophilen Leukocyten. Arch. f. Anat. u. Phys., phys. Abth. 1879, S. 166.—E. Westphal, Über Mastzellen. Inaug. Diss. Berlin 1880. — R. W. Raudnitz, Beitrag zur Kenntniss der im Bindegewebe vorkommenden Zellen. Arch. f. mikr. An. Bd. 22, 1883, S. 228.

Ich werde später nicht bloss aus dem Verhalten der Granula zu Färbemitteln, sondern auch aus dem Verhalten des Protoplasmas selbst zu Färbemitteln Nutzen ziehen, besonders, wie schon gesagt, durch Verknüpfung der so gewonnenen Erfahrungen mit den an den Kernen der Zellen zu beobachtenden Erscheinungen. In dieser zweifachen Richtung: Verhalten des Zelleibes und Verhalten der Kerne werden sich die mitzutheilenden Beobachtungen hauptsächlich erstrecken.

Ich muss jetzt noch bemerken, dass ich bei der Mittheilung der Resultate von Max Schultze und Ehrlich zunächst auf das Menschenblut mich beziehen musste, da die Eintheilung Max Schultze's nur für dieses gilt; Ehrlich's Untersuchungen erstrecken sich auch auf das Blut von Kaltblütern, und darum muss hier bemerkt werden, dass man die Formen Max Schultze's auch im Blute vom Frosche und Triton auffindet.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen gehe ich daran, die Leukocyten des Frosches und Tritons besonders zu beschreiben. Auf die Structur der Kerne der feingranulirten Leukocyten muss, obwohl namentlich Arnold's Untersuchungen dieselbe schon ziemlich eingehend berücksichtigten, doch etwas näher eingegangen werden, um die Differenzen der Darstellung Löwit's und der hier vorliegenden klar hervortreten zu lassen.

a) Feingranulirte Leukocyten.

Der Zelleib der feingranulirten Leukocyten Max Schultze's homogenen — Lavdowsky; multinucleären [polynucleären] polymorph-kernigen; ε-Leukocyten — Ehrlich; „mehrkernigen" Löwit) — ist an Trockenpräparaten, welche nach vorausgegangener Einwirkung des Chrom-Osmium-Essigsäuregemisches mit Safranin gefärbt wurden, nach vollkommenem Ausziehen des Farbstoffes mit Alkohol in einem grauen Tone (Taf. V, Fig. 28, 29, 30, 31) gefärbt, welcher für diese Leukocytenart geradezu charakteristisch ist. An Trockenpräparaten, welche der Doppelfärbung mit Aurantia und Methylenblau ausgesetzt wurden, ist der Zelleib ungefärbt; die Kerne der Zellen färben sich tief mit Methylenblau. Das Gleiche ergibt die Färbung nur mit Methylenblau.

Dass die Zellensubstanz der einzelnen Leukocytenarten chemisch nicht die gleiche ist, bestätigt auch die Behandlung der Bluttrockenpräparate mit Goldchlorid (nach Ranvier).[1] Die Trockenpräparate, und zwar erhitzte, da an unerhitzten die Vergoldung nie so schön gelingt, werden beiläufig acht Minuten in frisch ausgepressten, durch Flanell filtrirten Citronensaft gelegt, in welchem sie vollständig durchsichtig werden. Hierauf werden die Präparate in destillirtem Wasser abgespült, dann unter Abschluss des Lichtes in eine $1^0/_0$ige Lösung von Goldchlorid gelegt, in welcher sie 20 Minuten verweilen. Nachdem sie wieder in Wasser abgespült worden, werden sie in eine Lösung von 1 Theil Ameisensäure auf 4 Theile Wasser übertragen. Nach ungefähr 12—24 Stunden ist — unter Abschluss des Lichtes — die Reduction vollendet. Die Präparate werden gehörig in Wasser gespült, um körnige Niederschläge möglichst zu entfernen, worauf sie in reinem oder mit Ameisensäure schwach angesäuertem Glycerin, oder nach geschehenem Lufttrocknen in Damarharz in Xylol eingeschlossen werden.

Die so hergestellten Präparate sind zur Untersuchung von Kernstructuren unbrauchbar, sind aber sehr überzeugend bei der Beurtheilung der Frage, ob in der That ein chemisch verschiedenes Verhalten der Zellkörper der verschiedenen Formen der Leukocyten vorhanden ist oder nicht.

Die mehrkernigen Leukocyten stechen aus der Menge der dunkel bläulich bis schwärzlich gefärbten Erythrocyten durch eine leuchtend rothe Färbung des Zelleibes hervor, welche in gleicher Qualität nur an den Zellkörpern der v. Recklinghausen'schen Spindelzellen sich vorfindet. Von den einkernigen Leukocyten sind nur die grösseren oft in einer ähnlichen Weise gefärbt, jedoch weit schwächer, während die kleinen und kleinsten Formen jede Rothfärbung vermissen lassen. Die „Jugendformen" der rothen Blutkörperchen und die „Erythroblasten" im Sinne Löwit's zeigen ebenfalls nicht die in Rede stehende Färbung der Zellsubstanz.

Die Kerne der feingranulirten Leukocyten weichen in Bezug auf ihre Form und ihre Zahl beträchtlich von einander ab.

---

[1] L. Ranvier, Traité technique d'histologie, pag. 813.

Gewöhnlich findet man unregelmässige Kernformen in Gestalt einer grösseren zusammenhängenden und verschieden geformten Masse, für welche man die Bezeichnung „Kernstab" (Taf. V, Fig. 28, 29) nach Spilling[1] zulassen könnte. Er ist bald allein vorhanden, bald sind von demselben getrennt noch kleinere Kerne zu sehen. Viel weniger häufig sind einzelne Kerne völlig von einander getrennt (Taf. V, Fig. 39), und können nach Löwit[2] mit Rücksicht auf ihr Entstehen als „Kernabschnitte, Kernabtheilungen", bezeichnet werden. Die ersteren kommen den polymorph-kernigen Leukocyten (Ehrlich), die letzteren den multinucleären (polynucleären) im wahren Sinne des Wortes zu. Der Regellosigkeit der Kernformen, die sich als verschiedene Zustände derselben Kerne herausstellen, entspricht am besten der Ausdruck „Kernfigur", wie ihn Spilling und Arnold[3] gebrauchen.

Genauere Studien an den Kernen dieser Zellen machte ich an Trockenpräparaten, welche mit Flemming'schem Gemische nachbehandelt und mit Safranin gefärbt wurden. Diese Untersuchungen überzeugten mich von einer ganz entschiedenen Netzstructur der Kerne der feingranulirten Leukocyten, so dass ich die Anschauung Löwit's[4], der diesen Kernen nur mehr oder minder beträchtliche Reste von Chromatin in Form von Haufen zuschreibt, nicht zu theilen vermag.

Die Kerne echter multinucleärer Zellen sind von dem umgebenden Zellkörper durch einen in gleicher Intensität wie das chromatische Netz des Kernes gefärbten Contour getrennt; dieser erscheint bald so fein wie die Fasern des Netzwerkes, bald stellenweise breiter und selbst knotig verdickt. Er ist nicht der Ausdruck einer Membran, sondern die Randschichte der chromatischen Substanz. Dafür spricht die Beobachtung von Trennung

[1] E. Spilling, Über Blutuntersuchungen bei Leukämie. Inaug. Diss. Berlin 1880, S. 25.

[2] M. Löwit, Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen., Sep. Abd. S. 59.

[3] J. Arnold, Über Theilungsvorgänge an den Wanderzellen, ihre progressiven und regressiven Metamorphosen Arch. f. mikr. An. XXX, S. 205 ff.

[4] M. Löwit, Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen S. A. S. 58.

und Wiedervereinigung und von Formveränderungen (Arnold) der Kerne.

Im Innern der Kerne findet man bald kleinere, bald grössere, regelmässige oder unregelmässige „Körper", (Flemming,[1] Körnchen, Körner — Arnold;[2] nucleoles brillants — Ranvier,[3] Pouchet[4]) in verschiedener Zahl. Sie sind gefärbt wie das Netz, hie und da strangförmig ausgezogen[5] und oft den Eindruck hervorbringend, als ob sie durch Zusammenfliessen mehrerer Stränge des Kernnetzes entstanden wären. Von diesen Körperchen scheinen zarte chromatische Fäserchen (Fäden, Fädchen — Arnold) zu entspringen, welche sich in das chromatische Netz einsenken, welches das Kerninnere durchzieht und sich mit der Kernwandschichte verbindet, wodurch das ganze Netzwerk anscheinend ein geschlossenes wird. Die Form des Netzwerkes ist eine durchaus unregelmässige, die Verbindung der chromatischen Bälkchen untereinander regellos, das Netzwerk stellenweise enger, stellenweise lockerer; Form und Vorhandensein der „Körper" ist an keine Regel gebunden, oft sind ihrer mehrere bis viele (Flemming),[6] oft erscheinen besonders in kleinen, getrennten Kernen multinucleärer Leukocyten gar keine.[7]

Ausser diesen ihrem Wesen nach als Netzknoten (Pseudonucleolen) im Sinne Flemming's aufzufassenden Gebilden konnte die Anwesenheit wahrer, von dem Netzwerk getrennter Nucleolen im Sinne Flemming's und Pfitzner's nicht nachgewiesen werden.

Im Gegensatze zu Löwit's Ergebnissen, welcher bei den nach seiner Methode[8] behandelten Präparaten die Kerne sehr

[1] W. Flemming, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 16, S. 312.

[2] J. Arnold, Arch f. mikr. An. Bd. 30, 1887, S. 223.

[3] L. Ranvier, Traité technique d'histologie. S. 159.

[4] G. Pouchet, Journ. de l'anat. et de la phys. par Robinet, Pouchet. XV, 1879, S. 20.

[5] Vergl. Ranvier, Traité technique S. 159.

[6] W. Flemming, Arch. f, mikr. Anat. Bd. 16, S. 312.

[7] Vergl. M. Löwit, Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen. Sep. Abdr. S. 58 und 60.

[8] M. Löwit, Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen, Sep. Abdr. S. 9 u. ff.

blass findet, was Löwit neben dem Mangel grösserer „Chromatinmassen“ darauf zurückführt, dass die sehr dünnen und schmalen „Stützstrahlen“ nur „schwach chromatinhältig“[1] sind, fand ich das Netzwerk tief gefärbt, also stark chromatinhältig, auch bei vollständigster Entfärbung der Kerngrundsubstanz; es war dies der Fall sowohl an Trockenpräparaten[2] wie an Schnitten von mit Flemming'scher Flüssigkeit behandelter und mit Safranin tingirter Milz,[3] so dass vergleichsweise kein bemerkenswerther Unterschied in der Färbung des Kernnetzes der Kerne der feingranulirten Leukocyten gegenüber den der anderen Blutzellen aufgefunden werden konnte.

Grössere Anhäufungen von Chromatin, welche wohl durch Verklumpung benachbarter Fasern unter dem Einflusse von Quellung erzeugenden Agentien entstehen können, wie wir es bei den Kernen der Erythrocyten gesehen haben, kommen in gut conservirten Kernfiguren mehrkerniger Leukocyten nicht vor. Es muss dies besonders der Angaben Löwits[4] wegen hervorgehoben werden, nach welchen die „mehrkernigen“ Leukocyten meistens deutliche Chromatinhaufen in den einzelnen Kernabtheilungen erkennen lassen.[5]

Vergleicht man mit den Kernen der polynucleären Leukocyten die verschiedengestaltigen Kerne der Leukocyten mit dem polymorphen Kerngebilde (Fig. 28, 29 Taf. V), so erkennt man eine vollkommene Übereinstimmung beider in Bezug auf den Bau der Kerne. Man erkennt an den letzteren die scharf und gleich intensiv, wie das feine chromatische Netzwerk gefärbte, ungleich dicke Abgrenzung des Kerngebildes gegen den Zelleib, welche wie bei den getrennten, rundlichen Kernen der multinucleären als chromatische Wandschichte zu deuten ist; das feine, regellos verknüpfte und unregelmässig, bald enger, bald lockerer

---

[1] M. Löwit, a. a. O. S. 50.

[2] Vergl. Löwit, a. a. O. S. 60.

[3] Vergl. W. Flemming, Arch. f. mikr. An. Bd. 24, S. 79 u. 80 und M. Löwit a. a. O. S. 60.

[4] M. Löwit, Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen Sep. Abdr. S 54.

[5] Dasselbe gilt für die Kernstructur der Wanderzellen nach Rabl, welcher ebenfalls in den Kernen derselben „gröbere Chromatinmassen“ findet. (C. Rabl, Morph. Jahrb. X, 1885, S. 317. Taf. XI, Fig. 6.)

genetzte Faserwerk, und die in diesem hängenden, an Zahl, Grösse und Form wechselnde Verdickungen des Fasernetzes darstellenden Körper. Wie verschiedengestaltig immer das Kerngebilde der polymorph-kernigen Leukocyten gefunden wird, die Beschaffenheit des Zelleibes und die Structur der Kernfigur bleibt die nämliche.

Die gleiche Beschaffenheit des Zelleibes, das in seinem Gefüge durchaus übereinstimmende, aber in seiner äusseren Form abweichende Kerngebilde der polymorph-kernigen Leukocyten erweckt die Vermuthung, dass man es bei denselben mit verschiedenen Formen von formveränderlichen Kernen zu thun hat.

Die früher erwähnten kleinen Kerne, welche neben den grösseren Kernmassen der polymorph-kernigen Leucocyten noch vorkommen und den Kernen der multinucleären ähnlich sind, hängen häufig noch durch einen dünnen Verbindungsfaden (Kernfäden — Spilling),[1] welcher sich mit Safranin ebenso intensiv färbt wie das chromatische Netzwerk, miteinander zusammen (Fig. 28, Taf. V). Gerade Bilder, in welchen zwei Kernabschnitte nur noch durch einen dünnsten Verbindungsfaden zusammenhängen, sind für die Anschauungen über den Bau der Kerne dieser Leukocyten wichtig. Betrachtet man genau die Art und Weise der Einsenkung des Fadens in die Kernabschnitte, so erkennt man unschwer, dass die Kernwand spitzig ausgezogen ist (Taf. V, Fig. 28).

Der Faden nimmt seinen Ausgang von der Wandschichte der Kerne, was für die Annahme einer chromatischen Wandschichte des Kernes im oben erwähnten Sinne, aber gegen eine besondere Membran spricht. Das Ausziehen eines Fadens aus der chromatischen Wandschichte bedingt einen Verlust an Masse, der durch Nachrücken des Kernnetzes leicht wieder ausgefüllt werden kann.

Bilder, wie wir sie im Vorausgegangenen beschrieben haben, stellen unzweifelhaft Theilungen[2] von Kernen vor. Dabei sieht

---

[1] E. Spilling, Über Blutuntersuchungen bei Leukämie. S. 26.

[2] Multiplication des noyaux par bourgeonnement. L. Ranvier, Traité techn. p. 160. — Division; segmentation; proliferation of the nucleus. R. Norris, The physiology and pathology of the blood. London 1882. — Segmentation: Pouchet, Evolution et structure des noyaux des éléments du sang chez le Triton. Journ. de l'anatom. et de la phys. XV, 1879. S. 20.

man aber nie gleichzeitig irgend eine im Sinne einer Zelltheilung zu deutende Veränderung am Zellkörper. Löwit[1] beobachtete solche Zellen im lebenden Zustande stundenlang, ohne eine Zelltheilung beobachten zu können. Die augenblickliche Form des Kerngebildes ist eine vorübergehende; die gebildeten Kerntheilstücke können auch wieder verschmelzen. Diese Formveränderlichkeit, Spaltungs- und Wiedervereinigungsfähigkeit der Kerne kann geradezu als ein Charakter der Kerne der feingranulirten Leukocyten angeführt werden.

Ob die zur Formveränderung der Kerne führende Bewegung eine passive durch Bewegungen im Zelleibe hervorgerufene ist (Ranvier),[2] oder, ob dabei der Kern selbst die wichtigste Rolle spielt, etwa wie die Bewegungen der Kernfigur bei der Karyokinese, ist vorläufig noch nicht zu entscheiden.[3]

Nach den vorausgehenden Betrachtungen stellen die echten multinucleären und die polymorph-kernigen Leukocyten nicht getrennte Zellformen[4], sondern nur temporäre Zustände derselben Zellenart vor, die ineinander übergehen können.

Die Structur der Kerne steht dieser Annahme in keiner Weise entgegen; Flemming[5] und Arnold[6] fanden mit den Bewegungen der Kerne der Leukocyten auch die Anordnung der geformten Substanz des Kernes wechselnd.

Ich muss noch ein Bild erwähnen, welches man gelegentlich antrifft. Das längliche Kerngebilde biegt sich an einer Stelle winkelig zusammen und durch die Vereinigung der aneinander liegenden Seiten schmilzt es zu einer mehr rundlichen Kernform

---

[1] M. Löwit, Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen Sep. Abdr. S. 62.

[2] L. Ranvier, Traité technique p. 162.

[3] Siehe J. Arnold, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 30. 1887, p. 224, p. 246, 248; M. Lavdowsky, Mikroskopische Untersuchungen einiger Lebensvorgänge des Blutes. Virch, Arch. Bd. 16, 1884, S. 60 u. ff. S. Stricker, Beobachtungen über die Entstehung des Zellkernes. Diese Sitzungsber. 76. Bd., III. Abth., S. 7 u. ff.

[4] J. Arnold, Arch. f. mikr. An. Bd. 30, S. 223.

[5] W. Flemming, Arch f. mikr. An. Bd. 16, S. 314.

[6] J. Arnold, Arch. f. mikr. An. Bd. 30, S. 224 und 246.

zusammen, so dass also Partien des Kernes, die früher von der chromatischen Wandschichte begrenzt, an die Zellsubstanz stiessen, ins Innere des umgeformten Kernes aufgenommen werden, wo sie sich in ein dem Kernnetze gleichwerthiges Netz auflösen.

Stricker[1] spricht auch von einer Grössenveränderung des Kernes der Leukocyten, die er so beschreibt, als ob Substanz des Zelleibes in den Kern aufgenommen, oder Kernsubstanz in die erstere umgesetzt werden würde. Ob solche Vorgänge thatsächlich ablaufen,[2] konnte nicht festgestellt werden. Aber eine Beobachtung möchte ich anführen, welche auf eine besondere Beziehung von Kern- und Zellsubstanz hinzuweisen scheint. Es ist an Trockenpräparaten, welche noch mit Flemming'schem Gemische nachbehandelt wurden ein mehr oder weniger breiter, heller Hof um die Kernfigur (Taf. V, Fig. 28, 29, 30, 31) zu sehen, welcher allmählig in den übrigen mehr dunklen Ton des Zellkörpers übergeht. Man kann darin einen besonders differenzirten Theil der Zellensubtsanz sehen, der vielleicht chemisch activer ist als der übrige vom Kern mehr entfernt gelegene Theil des Zellkörpers und wird dadurch entschieden an die helle Zone erinnert, welche um die Kerntheilungsfiguren von in Mitose begriffenen Zellen zu sehen ist.

Ich muss jetzt noch auf eine besondere Form der eben abgehandelten Leukocyten hinweisen, welche einkernig erscheint (Taf. V, Fig. 30 u. 31), die aber nichts destoweniger in die Reihe der besprochenen Zellen gehört und von den später zu beschreibenden, wahren, einkernigen Leukocyten scharf geschieden werden muss. Die Grösse und Beschaffenheit ihrer Zelleiber, die Färbung, die sie mit Anilinfarben ergeben, ihr Verhalten bei der Behandlung mit dem Flemming'schen Gemische und bei der Vergoldung und die Structur des Kernes (Taf. V, Fig. 31) derselben erweisen diese Anschauung vollkommen.

---

[1] S. Stricker, Beobachtungen über die Entstehung des Zellkernes, a. a. O.

[2] Über die Möglichkeit der Aufnahme von Zellsubstanz in die des Kernes, vgl. W. Flemming, Arch. f. mikr. An. XX, S. 75; W. Pfitzner, Arch. f. mikr. An. XXII, S. 634 u. 651; F. Tangl, Arch. f. mikr. An. XXX, S. 529 ff.

Man hat in denselben nur polymorph-kernige (feinkörnige) Leukocyten zu sehen, deren Kernfigur sich eben zu einem einzigen, rundlichen Kerngebilde gesammelt hat. Es lassen sich auch Bilder beobachten, welche alle Übergänge von wirklich polymorph-kernigen Zellen zu einkernigen Zellen vorstellen, deren Kern durch immer innigeres Zusammenrücken kleinerer Kerne zu einem einzigen grösseren, rundlichen Kerne entstanden ist.

Man wird dadurch die Angaben von Max Schultze,[1] Stricker[2] und Lavdowsky[3] bestätigt finden, welche in den feingranulirten (sehr beweglichen, homogenen) Leukocyten einen oder mehrere Kerne antrafen.

Nach den mitgetheilten Beobachtungen müssen wir uns auf die Seite derjenigen stellen, welche dem Kerne der feingranulirten Leukocyten die Fähigkeit, Bewegungen auszuführen, zuschreiben (Stricker, Lavdowsky [kinetische Kerne],[4] Arnold). Dagegen ist es nicht wahrscheinlich, dass die Vielgestaltigkeit der Kerne durch einen in der Zelle stattfindenden, degenerativen Vorgang bedingt ist (Löwit).[5]

Es erscheint nach dem, was uns über die Bewegungen der Kernfigur bekannt wurde, die Bezeichnung „mehrkernig" eigentlich nicht ganz zutreffend. Man kann nämlich die wieder zu einem einzigen Kern verschmelzbaren Theilstücke eines Kerngebildes nicht als echte Kernindividuen auffassen. Die ganze Kernfigur stellt nur einen einzigen Kern vor, und ich muss, abgesehen von der Annahme Löwit's, dass die Formveränderungen der Leukocytenkerne ein Ausdruck degenerativer Vorgänge sind, Löwit[6] beistimmen, wenn er anräth, den Namen „vielkernige" fallen zu lassen und dafür die auch von Ehrlich[7] gebrauchte Bezeichnung:

---

[1] M. Schultze, Arch. f. mikr. Anat. Bd. I. S. 13.

[2] S. Stricker, a. a. O. S. 17.

[3] M. Lavdowsky, Virch. Arch. Bd. 96, 1884. S. 66.

[4] M. Lavdowsky, Virch. Arch. Bd. 96, 1884, S. 84.

[5] M. Löwit, Über die Bildung rother u. weisser Blutkörperchen, Sep.-Abdr. S. 15 ff.; S. 39 ff.; über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen S. 57 ff.

[6] M. Löwit, Über die Bildung rother und weisser Blutkörperchen Sep. Abdr. S. 16.

[7] P. Ehrlich, Zeitsch. f. klin. Med., Bd. I, 1880, S. 538.

Zellen mit polymorphem Kerne zu wählen. Anderseits sind die Zellen nach den Eigenschaften ihres Zellkörpers als „feingranulirte“ nach Max Schultze charakterisirt. Die mit der Formveränderung der Kernfigur der Leukocyten einhergehenden Theilungsvorgänge sind sehr wesentlich verschieden von den mitotischen Theilungen von Zellkernen. Während bei der indirecten Theilung der Kern in zwei geradezu gleich grosse Theile zerlegt wird, besteht bei der Trennung der Kerne der feingranulirten Leukocyten, wie sie während der Bewegungen der Kernfigur sich äussert, die grösste Regellosigkeit; es trennen sich bald kleinere, bald grössere Abschnitte ab, bald nur einer, bald gleichzeitig mehrere. Es scheint nicht passend, die Veränderungen der Form der Kernfigur als „Kerntheilungen“ aufzufassen, etwa als directe Theilungen; dagegen spricht, abgesehen von dem hier nicht zutreffenden Schema, wie es für die directe Theilung aufgestellt wurde, die Art der Theilungsvorgänge selbst, ferner vor allem der Umstand, dass es sich hier nicht um Schaffung eines stationär bleibenden Zustandes handelt, da die Theilkerne sofort nach der Theilung wieder zusammentreten können. Die eigenartigen Kernfiguren der Leukocyten mit polymorphem Kerne dürfen demnach nie mit Sicherheit auf wahre Theilungsvorgänge des Kernes bezogen werden, sondern sie sind als blosse Formveränderungen der Kernfigur aufzufassen, welche ganz ohne Einfluss auf die Zellsubstanz in Bezug auf eine Zellneubildung durch Theilung bleiben. Bei diesen Bewegungen der Kerne kommt es auch nicht[1] zu einer bestimmten Anordnung der chromatischen Substanz in den sich trennenden Kernabschnitten.[2]

Von den im Früheren behandelten Bewegungen der Kernfiguren der Leukocyten, welche sich an einem ruhenden Kerne im Sinne Flemming's[3] abspielen, wären dann auch wesentlich verschieden die Kerntheilungen, welche nach Arnold mit einer

---

[1] Vgl. C. Rabl, Morph. Jahrb., X, 1885, S. 294.

[2] Der Vorgang dieses Kerntheilungsvorganges wäre also in seinem Wesen als directe Fragmentirung nach Arnold (Virch. Arch. Bd. 93 Beobachtungen über Kerne und Kerntheilungen in den Zellen des Knochenmarkes) S. 34 — zu bezeichnen.

[3] W. Flemming, Arch. f. mikr. An. Bd. XVIII, S. 152; C. Rabl, Morph. Jahrb., X, 1885, S. 295.

Neubildung von weissen Blutkörperchen in Zusammenhang stehen sollen. Arnold führt für dieselben eine bestimmte Anordnung[1] und Anhäufung der chromatischen Substanz an, ähnlich wie sie Löwit[2] bei der Theilung (divisio indirecta per granula) seiner einkernigen Leukoblasten beschrieben hat. Ich habe darüber keine Erfahrungen. Wenn es sich nun aber auch herausstellen würde, besonders mit Berücksichtigung der Beobachtungen Lavdowsky's,[3] welche jedoch nach Pfitzner[4] nicht einwurfsfrei sind, „weil die Zellen sich unter abnormen, ja direct ungünstigen Verhältnissen befanden“, dass so ausgesprochen bewegliche Zellen, wie die feingranulirten Leukocyten mit ihrem beweglichen Kerngebilde, sich in gleichwerthige Zellen zerlegen könnten, welche wieder zur Grösse der Mutterzelle anwachsen könnten, so muss doch in Abrede gestellt werden, dass eine solche Art von Zellenbildung bei den Vorgängen in den blutbildenden Organen eine sehr in Betracht kommende Rolle spielt. Denn in der Milz kommen in grösster Zahl nur einkernige Leukocyten und nur wenig „mehrkernige“ vor; gerade an den ersteren sieht man aber dort, wie sich ergeben wird, eine sehr grosse Zahl von karyokinetischen Vorgängen ablaufen. Unter allen Umständen wäre wichtig, ob bei den Vorgängen an den mehrkernigen Leukocyten, welche als Zelltheilungen angesprochen werden sollten, eine Änderung in der chemischen Beschaffenheit des Zelleibes gefunden wird oder nicht. Denn damit würde auch die Frage entschieden sein, ob durch die Theilung der „mehrkernigen“ wieder nur Leukocyten derselben Art entstehen, oder ob man diese Theilungsvorgänge mit der Regeneration wahrer einkerniger Leukocyten in Zusammenhang bringen könne; im letzteren Falle müsste eine Änderung in der chemischen Beschaffenheit des Zell-

---

1 Also indirecte Fragmentirung nach Arnold. Nach Arnold (Weitere Beobachtungen über die Theilungsvorgänge an den Knochenmarkzellen und weissen Blutkörperchen. Virch. Arch. Bd. 97, S. 107) entsprechen die Zellen mit sogenannten „polymorphen“ Kernen einer Entwicklungsphase der indirecten Fragmentirung (in welchem Zustande sie längere Zeit verharren können), welche gewöhnlich mit der Theilung abschliesst.

2 M. Löwit, Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen l. c.

3 M. Lavdowsky, a. a. O.

4 W. Pfitzner, Zur morphol. Bedeutung des Zellkerns. Morph. Jahrb. XI, 1886, S. 54.

leibes eintreten, da die einkernigen sich scharf durch die stoffliche Beschaffenheit ihres Zelleibes von den mehrkernigen unterscheiden lassen.

b) Grobgranulirte Leukocyten. (Körnchenzellen Rindfleisch's; Eosinophile Zellen Ehrlich's).

Die grobgranulirten Zellen sind von der Grösse der feingranulirten oder etwas grösser. In ihrem Zelleibe enthalten sie eine verschieden grosse Menge grober, nicht ganz gleich grosser, runder Körner. Bald sind ihrer nur wenige vorhanden, bald ist der Zelleib von ihnen ganz durchsetzt, dass es oft Mühe hält, die Kerne zu erkennen.

Bei Eosinfärbung färben sich die Granula intensiv purpurroth; schwach rosa färben sich die Kerne, so wie die Kerne aller übrigen Leukocytenformen, der Zelleib selbst bleibt ungefärbt (Taf. IV, Fig. 3). Zum Nachweis dieser Färbung eignet sich am besten eine starke Lösung von Eosin in Glycerin (Ehrlich);[1] die Färbung kann an erhitzten und unerhitzten Trockenpräparaten vorgenommen werden; Einwirkung des Flemming'schen Gemisches oder von Chromsäure darf der Färbung nicht vorausgehen. Bei Methylenblaufärbung bleiben der Zelleib und die Körner ungefärbt; dagegen färben sich die Kerne. Bei der Doppelfärbung mit Aurantia und Methylenblau färben sich die Granula gelb, die Kerne blau; der Zelleib bleibt ungefärbt. Diese Doppelfärbung kann mit Vortheil auch mit der Eosintinction verbunden werden. Die Trockenpräparate werden nach der Färbung mit Aurantia, wie sie früher beschrieben wurde, der Einwirkung des Eosinglycerins ausgesetzt, hierauf in Wasser abgespült, um dann mit Methylenblau gefärbt zu werden. An erhitzten Trockenpräparaten sind dann die Erythrocyten gelb, die Kerne blau, die Granula der grobgranulirten Leukocyten purpurroth tingirt.

An Trockenpräparaten, die nach vorausgegangener Einwirkung des Flemming'schen Gemisches mit Safranin gefärbt wurden, ist der Zelleib in einem grauen Tone gehalten, wie der

[1] Über die Färbung der eosinophilen Zellen mit Azoblau, welches den Granula der grobgranulirten Zellen eine gelbrothe Farbe ertheilt. Siehe pag. 65.

Zelleib der feingranulirten Leukocyten bei der gleichen Behandlung. Die Granula bleiben vollkommen ungefärbt. Dieses Verhalten der Granula bestätigt die von Ehrlich durch mehrfache Reactionen gestützte Behauptung, dass die Granula nicht hämoglobinhältig sind. Es wurde früher bei den Erythrocyten erwähnt, dass der Zelleib derselben bei der gleichen Behandlung mit Safranin sich roth färbt.

Die polymorphe Kernfigur, welche oft aus grösseren, rundlichen, plumpen Kernen gebildet ist, zeigt dieselbe deutliche Netzstructur, wie die Kerne der feingranulirten Leukocyten. Dagegen scheint das Netzwerk oft etwas lockerer zu sein.

Diese grobgranulirten Zellen müssen zweifellos von feingranulirten Leukocyten abgeleitet werden (Ehrlich), welche in ihrem Zelleib die grobe Körnelung gebildet haben. Wenigstens sieht man alle Übergänge von feingranulirten Leukocyten, die nur sehr wenige Körnchen im Zelleib enthalten, zu solchen, welche den ganzen Zelleib von der eosinophilen Granulation erfüllt haben. Solche Übergangsformen (allerdings für das menschliche Blut) hat bereits Max Schultze angenommen.

c) Einkernige Leukocyten.

Nach den Erfahrungen, welche über die Structur der Kerne der feingranulirten und grobgranulirten weissen Blutkörperchen mitgetheilt wurden, soll zur Untersuchung des Baues der Kerne der einkernigen Leukocyten übergegangen werden, welche mit Löwit's und Denys Leukoblasten zusammenfallen. Ich überzeugte mich, dass die Frage nach dem Bau der Kerne derselben und der Anordnung der chromatischen Substanz in denselben nur durch die Beobachtung von nach verschiedenen Methoden gewonnenen Präparaten beantwortet werden könne.

Das Bild, welches der Kern der einkernigen Leukocyten ergibt, ist bei der Trockenmethode ein anderes, als an Schnitten bei der Behandlung mit Flemming'schem Gemische, und hier ein anderes, als nach der Behandlung mit der $^1/_6$% Chromsäure.

Die Milzstücke, auf deren Schnitten nach Behandlung mit dem Flemming'schen Säuregemische die Kerne der einkernigen Leukocyten untersucht werden sollten, blieben gewöhnlich 24 Stunden in diesem Gemisch, wurden 4—5 Tage in fliessendem

Wasser gewaschen und kamen dann noch 3—4 Tage in Alkohol. Die Schnitte wurden mit Safranin gefärbt (2 Tage). An solchen Präparaten (Taf. V, Fig. 22, 23, 24, 25, 27) erscheint der Kern der in Rede stehenden Zellen durch einen scharfen Contour abgegrenzt, welcher, wie oft sicher gesehen werden kann, nicht mit Safranin gefärbt ist. Stellenweise ist er durch die Anlagerung chromatischer Klümpchen verdickt, stellenweise liegen feine, punktförmige, chromatische Körnchen an.

Im Innern der Kerne finden sich Haufen und Klumpen stark tingirter chromatischer Substanz, welche keineswegs in der Mehrzahl eine regelmässige, kugelige Gestalt haben, sondern ganz und gar regellos geformte, ungleichmässig im Kerne vertheilte, verschieden grosse Chromatinmassen darstellen.

Oft findet man in kleineren Kernen nur einen einzigen, grossen, unregelmässigen Klumpen, bald mehrere und kleinere Klümpchen, dasselbe Gepräge der Formlosigkeit an sich tragend; diese Klümpchen sind entweder plump und fortsatzlos, oder es stehen mehrere durch dickere oder dünnere oder feinste Brücken chromatischer Substanz in Zusammenhang. Ausserdem sieht man ein ungefärbtes Gerüstwerk im Kerne, von dem der Zusammenhang mit den Chromatinmassen nicht sicher ausgemacht werden kann.

Ein Vergleich dieser Beschreibung mit der, welche Löwit[1] und Denys[2] von ihren Leukoblasten geben, zeigt eine nahe Übereinstimmung.

Löwit selbst bemerkt,[3] dass die von ihm beschriebene[4] Structur der Kerne der Leukoblasten auch an Präparaten hervortritt, die in Flemming'schem Gemische gelegen haben, mit Safranin gefärbt und in geeigneter Weise behandelt worden sind.

Schnitte von mit Chromsäure behandelten Milzstücken sind mehr geeignet für die Ermittlung der Structur der Kerne der einkernigen Leukocyten. Bei der Färbung solcher Schnitte mit Safranin treten, sobald die Entfärbung mit saurem Alkohol nicht zu

---

1 M. Löwit, Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen, a. a. O.

2 J. Denys, a. a. O.

3 M. Löwit, Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen. S. 11 und 50.

4 Löwit bediente sich als Fixirflüssigkeit einer mit Pikrinsäure versetzten 1% NaCl-Lösung. A. a. O. S. 6.

lange fortgesetzt wurde, sehr auffallend zweierlei verschieden gefärbte Kerne hervor; glänzend roth und schwach bläulich gefärbte Kerne (s. Taf. I, *a*, *b*; *c*, *d*). Die ersteren gehören den Erythrocyten und den später zu erwähnenden Erythroblasten im Sinne Löwit's und Denys' an, letztere allen Leukocyten, von den kleinsten einkernigen Leukoblasten (Taf. I, *d*) im Sinne Löwit's angefangen bis zu den grössten Formen (Taf. I, *c*), auf welche wir später bei der mitotischen Theilung derselben zurückkommen werden.

Von den Kernen der Erythrocyten und der Erythroblasten (im Sinne Löwit's) wäre noch anzuführen, dass sie bei durchfallendem Licht in der angeführten Weise, bei auffallendem Lichte dagegen glänzend röthlich-orange erscheinen. Es ist schwer, die durch Safranin bewirkte Doppelfärbung der Erythroblasten und Leukoblasten zu erklären. Dass das Safranin bei der Fixirung in den Kernen in dem einen Fall eine chemische Veränderung erleidet, welche in dem anderen Falle fehlt, ist möglich. Aber es ist nicht sicher, dass man diese Annahme machen muss.

Es könnte auch nur ein verschiedener physikalischer Zustand, in welchem das Safranin fixirt wird, die Ursache der verschiedenen Färbung sein. So bemerkte ich, dass eine starke alkoholische Lösung von Safranin, welche noch feste krystallinische Safranintheilchen aufgeschwemmt enthielt, im durchfallenden Licht roth, im auffallenden glänzend orange erscheint, während nach Zusatz von Wasser, wo sich alles Safranin löst und eine wässerig-alkoholische Lösung gebildet wird, diese letztere im durchfallenden Licht unter dem Mikroskope bläulich erscheint.

Sowie die Chromsäure die Kerne der Erythrocyten verändert (Taf. I und Fig. V, Fig. 13), so bringt sie auch eine Veränderung der Kerne der Leukocyten hervor. Die Kerne erscheinen dann als gleichmässig, stark lichtbrechende Körper wie von einer feinen Gerinnung durchsetzt, in welcher sich die deutliche Structur etwas schwerer erkennen lässt. Besonders bei den grösseren Formen dieser Leukocyten treten die Nucleolen deutlich hervor. Auch bei der besten Beleuchtung lässt sich in den Kernen der einkernigen Leukocyten keine solche Anordnung der chromatischen Substanz erkennen, wie sie nach der Behandlung mit dem Flemming'schen Gemische sichtbar wird (s. Taf. I, *c*, *d*).

Beobachtet man die Zellen in Trockenpräparaten im noch ungefärbten Zustande oder in Trockenpräparaten, welche mit Flemming'schem Gemische nachbehandelt und dann mit Safranin gefärbt wurden, so lässt sich eine Anordnung, wie sie die Kerne nach der Behandlung mit Flemming'schem Gemische an Schnitten zeigten, nicht erkennen, sondern, was Löwit bei seiner ursprünglichen Methode der Blutuntersuchung an nicht gewärmten Trockenpräparaten und an frischen Präparaten weisser Blutkörperchen sah. Die chromatische Kernsubstanz ist in Form eines äusserst zarten, nicht vollständig geschlossenen Reticulums angeordnet, das oft nur den Eindruck einer zarten Granulirung hervorruft, und in welches einzelne dichtere Stellen eingestreut sind, die an gefärbten Präparaten dunkler erscheinen, aber selbst mit den besten Systemen (Zeiss $^1/_{18}$ Oel.) keine deutliche Structur erkennen lassen.[1] Diese dichteren Theile stellen Verdickungen des aus ungleich starken Fäden gebildeten Kerngerüstes dar. Ähnliches werden wir bei den Kernen der noch zu beschreibenden theilungsreifen ruhenden Zellen sehen.

Der Zelleib der einkernigen Leukocyten färbt sich in Methylenblau (s. Taf. IV, Fig. 1 u. 2); an mit Flemming'scher Flüssigkeit behandelten und mit Safranin gefärbten Trockenpräparaten erscheint der Zelleib in einem dunklen, bräunlichen Farbentone.

Mit Rücksicht auf die ausgezeichnete Conservirung der karyokinetischen Figuren, auf die später eingegangen werden wird, und die Structur der ruhenden Kerne der anderen Blutzellen, kann der Vermuthung Raum gegeben werden, dass die an Trockenpräparaten gesehene fädige Structur der Kerne der einkernigen weissen Blutkörper, welche der Structur an Chromsäurepräparaten sehr nahe steht, am meisten der ursprünglichen Anordnung der chromatischen Substanz entspricht.

Dass eine Conservirungsflüssigkeit wie jene Flemming's, welche karyokinetische Figuren in der vollendetsten Weise fixirt, sich noch nicht als indifferent gegenüber anders beschaffenen, nicht activen Kernen verhalten könnte, ist gewiss ebenso möglich wie, dass verschiedene Gewebe sich gegen die Einwirkung der-

[1] M. Löwit, Über die Bildung rother und weisser Blutkörperchen. Sep.-Abdr. S. 6, 12, 36. Vergl. W. Flemming, Arch. f. mikr. An. XIII., S. 698 u. XVI, S. 312.

selben Fixirflüssigkeiten nicht gleich verhalten.[1] Tritt durch ein Agens eine nur geringe Quellung ein, so kann das schon eine erhebliche Verklumpung und Verschiebung der ursprünglichen Anordnung der chromatischen Substanz schaffen, wie es die Untersuchung der quellenden Kerne der farbigen Blutkörperchen vom Frosche und Triton zeigte. Indem es ferner nicht ausgemacht ist,[2] ob die ganze Substanz des Kerngerüstes aus Chromatin besteht, vielmehr die Möglichkeit vorhanden ist, dass das „Chromatin" an die geformte Substanz des Kerns nur gebunden ist, etwa wie das Hämoglobin an die Stromata der Erythrocyten, so wäre es denkbar, dass bei der Behandlung mit solchen Flüssigkeiten, welche, mit den Bestandtheilen des Kernes sich verbindend den Kern durchdringen, ohne eine Veränderung der Anordnung des Chromatins zu bewirken, der Kern in Bezug auf die Lage der chromatischen Substanz vollkommen treu conservirt wird; während solche Flüssigkeiten, welche mit den Bestandtheilen des Kernes nur wenig und schwer verbindbar sind, eine Verschiebung und Verklumpung des das Gerüst durchdringenden, unter dem Einflusse der Flüssigkeit aber von der geformten Substanz sich lösenden Chromatins bewirken.[3] Nimmt man nun noch eine verschieden starke Affinität des Chromatins zu der geformten Substanz an: stärker, während der Karyomitose, bei welcher das Chromatin sicher nur an die Kernfigur gebunden ist; schwächer, während der Kernruhe (wo möglicherweise noch Chromatin in diffuser Form im Kernsafte gelöst sein kann), so würde das verschiedene Verhalten von mitotischen und ruhenden Zellkernen gegenüber derselben Fixirflüssigkeit wohl der Erklärung nicht unzugänglich sein.

---

[1] Vergl. J. Arnold, Arch. f. mikr. An. XXX, S. 213 ff.

[2] Vergl. W. Flemming, Zellsubstanz etc. S. 129.

[3] Vielleicht hat diese Vorstellung der Möglichkeit der Umlagerung chromatischer Substanz unter dem Einflusse verschiedener mit den Bestandtheilen des Kernes in verschiedenem Grade verbindbarer Flüssigkeiten ihrem Wesen nach eine gewisse Ähnlichkeit mit Rindfleisch's Hypothese, welche die innere Verschiebung geformter Substanzen im Zelleibe und Zellkerne als Function der veränderten Adhäsion erklärt, welche zwischen gewissen chemisch verschiedenen Bestandtheilen ihrer Structur besteht. (Eine Hypothese. E. Rindfleisch. Centralblatt f. d. med. Wiss. 1880, Nr. 43).

C. Spindelzellen von v. Recklinghausen.

Eine eigenthümliche Stellung unter den hämoglobinfreien Zellen des Blutes nehmen die zuerst von v. Recklinghausen[1] genauer gewürdigten Spindelzellen (kernhaltige Plättchen, piastrine nucleate [Bizzozero[2]]; hématoblastes [Hayem]) ein. In Bezug auf die Deutung derselben gehen die Ansichten der Beobachter bekanntlich sehr weit auseinander. Von v. Recklinghausen, Golubew,[3] Schklarewsky[4] wurden sie als Vorstufen rother Blutkörperchen angesehen, welche Bedeutung nach Hayem und Vulpian[5] den Blutplättchen der Amphibien zukommt. Bizzozero, Hayem, Eberth und Schimmelbusch[6] erblicken aber eben in diesen Zellen die Analoga der Blutplättchen der mit kernlosen Blutkörperchen versehenen Thiere. Löwit[7] dagegen hält die Spindelzellen für weisse Blutkörperchen, jedoch nicht für eine besondere Art derselben, sondern sie entsprächen nur einer Form derselben, „welche unter besonderen Verhältnissen alle weissen Blutkörperchen des Kaltblüters“ (auch die vielkernigen), „sowie auch die Erythroblasten, falls dieselben sich im kreisenden Blute vorfinden, annehmen können.“[8]

An Trockenpräparaten des circulirenden Blutes und des Milzsaftes, die mit Flemming'schem Gemisch behandelt und mit Safranin gefärbt wurden, sind diese Zellen leicht zu sehen und sicher von den übrigen Zellen des Blutes zu unterscheiden. Ganz

---

[1] v. Recklinghausen, Arch. f. mikr. An. Bd. II, S. 137.

[2] J. Bizzozero, Centralblatt f. d. medic. Wiss. 1882, Nr. 20; Di un nuovo elemento morfol. del sangue e della sua importanza nella trombos e nella coagulazione. Milano 1883; Virch. Arch. 90., 1882, S. 261.

[3] A. Golubew, Diese Sitzungsb. LVII., 2. Abth., 1868, April-Heft.

[4] Schklarewsky, Centralblatt f. d. med. Wiss. 1867, S. 865.

[5] A. Vulpian, Compt. rend. 1877, p. 1279.

[6] C. Schimmelbusch, Virch. Arch. 100., 1885, S. 201. — J. C. Eberth u. C. Schimmelbusch, Virch. Arch. 103., 1886, S. 39; 105, 1886, S. 331 u. 456; 108, 1887, S. 359; Die Thrombose nach Versuchen u. Leichenbefunden. Stuttgart 1888.

[7] M. Löwit, Über Neubildung u. Zerfall weisser Blutkörperchen. S. A. S. 67 u. 68; Arch. f. exper. Path. u. Pharmak. Bd. 24, S. 192; Über Blutplättchen u. Thrombose. Fortschr. d. Med., v. C. Friedländer, 1888, Nr. 10.

[8] Vergl. S. Stricker, a. a. O.

eigenartig ist die Beschaffenheit ihrer Zellsubstanz und die Structur ihres immer einfach vorhandenen Zellkernes.

Der Zelleib, welcher immer sehr zart ist, bald scharf begrenzt erscheint, bald schleierartig zerfliessend sich nur schwer begrenzen lässt, ist nach der Auswaschung der Safraninpräparate mit Alkohol in einem eigenthümlichen Grau erscheinend, ähnlich dem der feingranulirten Leukocyten. An den typisch spindelförmigen Zellen ist der Kern oblong und nimmt den grössten Theil der Zelle ein. Niemals sieht man an den Kernen der Spindelzellen Stadien der Karyomitose; sie zeigen in ihrem Innern (Taf. V, Fig. 37) ein System feiner, stellenweise etwas dickerer, feinzackig begrenzter Stränge als ein feinstes, auch bei der stärksten Vergrösserung (Reichert's hom. Imm. $^1/_{20}$", Ocul. 3) nicht sicher aufzulösendes Netzwerk. Die Stränge und das Netz färben sich in Safranin; bei weniger starken Vergrösserungen sieht man die Substanz zwischen den Strängen in toto leicht roth gefärbt, was nur der Feinheit des Netzes zuzuschreiben ist, während bei starken Vergrösserungen die Kerngrundsubstanz deutlich ungefärbt erscheint. So verhält es sich immer an gut gelungenen Präparaten. Gröbere Anhäufungen von Chromatin in Form von Klumpen sieht man nur, wenn veränderte stark gequollene Kerne vorliegen.

Nicht immer ist an Trockenpräparaten die Form der Zellen die einer Spindel. Es finden sich auch rundliche Formen mit eben so geformten Kernen vor. Bizzozero[1] hat auf die grosse Neigung dieser Zellen miteinander zu verkleben aufmerksam gemacht. Ich habe dieses Verhalten oft beobachtet und es verdient sehr unsere Beachtung.

Derartig vereinigte Zellen, zwei, drei, bis viele, finden sich auch an rasch aus frischem Blute oder Milzpulpe hergestellten Trockenpräparaten vor, in welchen Erythrocyten und Leukocyten wohl erhalten und einzeln liegend sich vorfinden. Es ist oft schwer, die aneinanderliegenden Spindelzellen sicher von einander abzugrenzen, oft ist es gar nicht möglich. Sie legen sich oft mit den Spindelenden aneinander, oft auch mit ihren Breitseiten

[1] J. Bizzozero, Virch. Arch. Bd. 90, 1882, S. 326; G. Bizzozero e A. A. Torre, Sulla produzione dei globuli rossi del sangue. Archiv. per le scienze mediche. Vol. IV., N. 18.

(Taf. V, Fig. 32). Solche Bilder sind nun leicht im Stande, eine Zelltheilung,[1] und zwar eine amitotische (directe)[2] vorzutäuschen. Das ist ganz besonders der Fall, wenn zwei Spindelzellen mit ihren Breitseiten sich verklebt haben und die parallel gelagerten Kerne derselben an den gegenüberliegenden Flächen abgeplattet erscheinen (Taf. V, 36, 38), und man könnte in dieser Anschauung noch bestärkt werden durch Bilder, in welchen die Zellen sich nur theilweise und nicht bis zur Verschmelzung der Randpartien der Zelleiber aneinandergelagert haben (Fig. 33, Taf. V).

Vor einer Verwechslung mit einer amitotischen Theilung von Leukocyten schützt jedoch die leicht zu erkennende Natur der Spindelzellen und der Umstand, dass man in Haufen verklebter Spindelzellen ganz ähnliche Bilder (Taf. V, Fig. 32 u. 40) der Nebeneinanderlagerung zweier Zellen vorfindet wie die eben beschriebenen.

Dass die Spindelzellen nicht Vorstufen der rothen Blutkörperchen vorstellen, kann mit der grössten Sicherheit entschieden werden. Es beweisen dies die an den Spindelzellen beobachteten mikrochemischen Reactionen, die Färbung mit Safranin nach vorausgegangener Behandlung mit dem Chrom-Osmium-Essigsäuregemische, die Vergoldung und die Tinction mit Anilinfarben, welche Behandlungsweise auf's sicherste die Angabe von Bizzozero und Torre[3] bestätiget, dass die Spindelzellen nie hämoglobinhältig sind. Auch die später zu beschreibenden Jugendformen rother Blutkörperchen können manchmal eine Spindelform zeigen.[4] Allein diese können schon durch ihre

---

[1] Vergl. A. Golubew, Über die Erscheinungen, welche elektrische Schläge an den sogenannten farblosen Formbestandtheilen des Blutes hervorbringen. A. a. O.

[2] Möglicherweise stellt die von Löwit (Über die Bildung rother und weisser Blutkörperchen) Taf. I, Fig. 9 abgebildete Zelle, welche Löwit als „in Theilung begriffene weisse Blutzelle" aus d. Milzsaft v. Triton crist. bezeichnet, nur eine Verschmelzung zweier Spindelzellen vor. Vergl. Fig. 8 u. 9 a. a. O. mit Taf. V, Fig. 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40.

[3] G. Bizzozero e A. A. Torre, Archivio per le scienze mediche, Vol. IV, N. 18.

[4] W. Flemming, Beiträge zur Kenntniss d. Zelle und ihrer Lebenserscheinungen. Arch. f. mikr. An. XVI, 1879 S. 302; M. Löwit, Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen. Sep.-Abdr. S. 67.

Dimensionen von den v. Recklinghausen'schen Spindelzellen unterschieden werden; vor allem haben aber diese Jugendformen der rothen Blutkörperchen einen ganz anders gebauten Kern, als die Spindelzellen.

Die somit scharf zu charakterisirenden Spindelzellen des Amphibienblutes als Analoga der Blutplättchen der Säugethiere zu betrachten, muss als äusserst gewagt bezeichnet werden, so lange man Charaktere und Provenienz der Blutplättchen der Säugethiere nicht besser kennt, als bis jetzt.

Es unterscheiden sich die eigenartigen Recklinghausen'schen Spindelzellen von allen übrigen Zellen des Blutes und es gelingt nicht, einen sicheren Zusammenhang derselben mit den weissen oder rothen Blutkörperchen nachzuweisen. Ich will darum erinnern, dass bereits Golubew[1] auf die grosse Ähnlichkeit zwischen den Spindelelementen der Capillargefässwand und den v. Recklinghausen'schen Spindelzellen hinwies, und dass Ranvier[2] geradezu über sie sagt: „il y a tout lieu de croire que ce sont là des cellules endothéliales de la paroi vasculaire qui sont tombées dans le torrent circulatoire“.

D. In Mitose befindliche Zellen.

Die Mitosen wurden sowohl an Schnitten wie an Trockenpräparaten von Milzen frisch gefangener Frösche und Tritonen untersucht. Besonders die letzteren enthielten (Ende April, Mai und anfangs Juni) eine ungeheure Anzahl von Mitosen in der Milz, so dass ich öfter an Milzschnitten bis 17 Mitosen in einem Gesichtsfelde (bei Reichert Obj. 7, Oc. 2) beobachtete. Einen solchen Schnitt zeigt Taf. I. Derselbe wurde farbig dargestellt nach einem Mikrophotogramme, welches Herr Assistent Dr. O. Zoth im Institute anzufertigen die Güte hatte, wofür ich ihm meinen verbindlichsten Dank aussprechen muss. Das Gerüst und die Grenzen der Zellen wurden mit einfachen Contouren angelegt, die Kerne völlig genau so dargestellt, wie sie sich an dem Tinctionspräparate präsentirten.

---

[1] A. Golubew, Arch. f. mikr. An. V, 1869, S. 54.

[2] L. Ranvier, Traité technique d'histologie, p. 192.

Die Mehrzahl der Zelltheilungen befindet sich an den Randpartien der Milz (Taf. I, rechts).

Schnitte, wie den eben beschriebenen, erhielt ich von Milzen, die mit Flemming'schem Gemische oder $^1/_6\,^0/_0$ Chromsäure in der schon beschriebenen Weise behandelt und dann mit Safranin gefärbt wurden. Beide genannten Flüssigkeiten conserviren die Kerntheilungsfiguren in sehr guter Weise. Jedoch scheint es, als ob in der letztgenannten Flüssigkeit die Kerntheilungsfiguren leicht gequollen wären. Wenigstens nehmen sich die Kernfiguren an mit Flemming'schem Gemische vorbehandelten Präparaten noch viel zarter aus.

Sehr gut eignen sich die Schnittpräparate von in Chromsäure gehärteten Milzen zur nachträglichen Vergoldung nach Pfitzner.[1] Die Präparate gelingen immer, sind sehr leicht herzustellen und bieten in den schön mit Gold imprägnirten Schleifen der karyokinetischen Figuren sehr schöne und überaus deutliche Bilder dar.

Auch an Trockenpräparaten des Milzsaftes sieht man die Mitosen zahlreich und wohl erhalten. Es kann rasch eine grössere Anzahl von Trockenpräparaten hergestellt werden, welche nach erfolgtem Erhitzen fixirt nach beliebigen Methoden verarbeitet werden können. Die Kerntheilungsfiguren sind in vollendeter Weise conservirt. Ferner erleichtern die Trockenpräparate die richtige Auffassung der Mitosen an Schnitten, an welchen dieselben durch ihre Lage oft schwieriger zu deuten sind.

Die dichte Aneinanderlagerung der Zellen im Schnitte beeinflusst oft die Form der Zelleiber und der Kerntheilungsfiguren und dann sind die letzteren oft nur schwierig in der richtigen Weise aufzulösen. Von dem Drucke der umgebenden Zellen befreit, streben dagegen die mitotischen Zellen sozusagen in ihre Gleichgewichtsfigur zurück. Die Trockenpräparate ermöglichen es so, sich vorerst über den Verlauf der Karyomitose an typischen Objecten orientiren zu können; und ergänzen das an den Schnitten Gesehene in der Weise, wie es etwa Zupfpräparate thun würden.

---

[1] W. Pfitzner: Morph. Jahrb. VII, 1882, S. 289.

Theilungen rother Blutkörperchen wurden zuerst von Remak[1] und Bütschli[2] gesehen. Später beschrieben Theilungen Kölliker[3], Gerlach[4], Rindfleisch[5], deren Bilder gut als Mitosen aufgefasst werden können. Nach der Aufstellung der Lehre von der indirecten Zelltheilung wurden Mitosen (haemoglobinhältiger oder haemoglobinloser Vorstufen) rother Blutkörperchen (beim Kalt- oder Warmblüter) beschrieben von Mayzel[6], Flemming[7], Peremeschko[8], Funke[9], Bizzozero[10], Torre[11], Pfitzner[12], Uskoff[13], Löwit[14], Waldstein[15], Arnold[16], Rabl[17],

[1] R. Remak: Med. Vereinszeitung 1841, Nr. 47. Canstatt's Jahresbericht 1841; Müller's Arch. f. Anat., Phys. etc. Jahrg. 1858. S. 178. Cit. nach W. Flemming, Zellsubstanz etc. S. 418. — Über die Zelltheilungen Remak's vrgl. W. Flemming, Zellsubstanz etc. S. 386.

[2] Nach M. Löwit (Über die Bildung rother und weisser Blutkpch. S. 2) finden sich die Angaben und Abbildungen von Bütschli zum Theile in Cl. Bernard, Lecons sur les phénom. de la vie. T. I, p. 306. Paris 1878.

[3] Kölliker: Handb. d. Gewebel. d. Menschen. V. Aufl. Leipzig 1867, S. 637.

[4] J. Gerlach: Handb. d. allgem. u. spec. Gewebelehre d. menschl. Körpers. 2. Aufl. Wien 1860, S. 18 und 55.

[5] E. Rindfleisch: Arch. f. Mikr. An. Bd. XVII, 1880, S. 1 u. 21. Taf. III; vgl. W. Flemming, Zellsubstanz etc. S. 289.

[6] W. Mayzel: Med. Zeitung (polnisch) 1876, Nr. 27: und ferner in Hofmann-Schwalbe's Jahresber. V, 1878, I, S. 36.

[7] W. Flemming: Arch. f. Mikr. An. XVI, 1879, S. 302 (S. 395).

[8] M. Peremeschko: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1879, Nr. 38; Biol. Centralbl. I, 1881, Nr. 2.

[9] E. Funke: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1880, Nr. 41.

[10] J. Bizzozero: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1881, Nr. 8.

[11] J. Bizzozero und A. A. Torre: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1882, Nr. 33; Virch. Arch. 95, 1884. SS. 1 u. 26.

[12] W. Pfitzner: Arch. f. mikr. An. XX, 1882, S. 127.

[13] N. Uskoff: Arch. f. mikr. An. XXI, 1882, S. 291.

[14] M. Löwit: a. a. O. 1883.

[15] L. Waldstein: Virch. Arch. Bd. 91, 1883, S. 12.

[16] J. Arnold: Virch. Arch. Bd. 93, 1883, S. 1.

[17] C. Rabl: Morphol. Jahrb. X, 1885.

Phisalix[1], Geelmuyden[2], Boccardi[3], Török[4] u. A. Auch die „certaines formes anormales“ der rothen Blutkörperchen, „hématies anormales à noyau profondément modifié“ von Pouchet[5] sind jedenfalls, wie Flemming[6] und Phisalix[7] erkannt haben, Karyomitosen, wahrscheinlich Sternform des Mutterkernes und Sternform der Tochterkerne. Dass auch Obrastzow[8] Kerntheilungsfiguren gesehen, aber nicht entsprechend gedeutet hat, hat Flemming[9] gezeigt. Auch die Bilder Fellner's[10] bringen zweifellos gut beobachtete, wenn auch nicht als solche erkannte Karyokinesen.

Eine ausgedehnte und durchgreifende Bedeutung für die Kenntnis der Blutbildung erlangte die indirecte Zelltheilung aber erst, als Löwit die Lehre aufstellte, dass die rothen und die weissen Blutkörperchen zwei getrennten Entwicklungsreihen angehören. Dieser Lehre entsprechend stellte er zunächst die Thatsache hin, dass der Bau der Kerne der rothen Blutkörperchen wesentlich verschieden von dem der Kerne der weissen Blutkörperchen sei. Der Kern der ersteren sollte eine Netzstructur aufweisen, die dem Kerne der letzteren fehlen sollte. Beide Arten von Zellen sollen in ihrer Entwicklung zurückzuführen sein auf Vorstufen, welche, für die rothen ebenso wie für die weissen Blutzellen, frei vom Haemoglobin[11] sein sollten. Diese

---

1 C. Phisalix: Arch. de zoolog. expér. et génér. v. Lacaze-Duthiers. Deux. sér. III., 1885, S. 369.

2 H. Chr. Geelmuyden: Virch. Arch. 105, 1886, S. 136.

3 G. Boccardi: Lavori esegu. nell' istituto fis. di Napoli. Fasc. II, S. 81.

4 L. Török: Arch. f. mikr. An. XXXII, 1888, S. 603.

5 G. Pouchet: Journ. de l'anat. et de la phys. par Robin et Pouchet, 1879, S. 9; Taf. III, Fig. 15.

6 W. Flemming: Zellsubstanz etc. S. 289.

7 C. Phisalix: a. a. O. S. 447.

8 Obrastzow: Virch. Arch. 1881, S. 358.

9 W. Flemming: Zellsubstanz etc. S. 370.

10 L. Fellner: Wiener medic. Jahrbücher 1880, S. 442, Taf. XXII. (Knäuelform der Tochterzellen; 2c, 3a, 3e scheinen Mutterknäuel vorzustellen.)

11 Die Neubildung der rothen Blutkörperchen mittelst mitotischer Theilung haemoglobinfreier Vorstufen hat bereits Flemming berührt, wie aus dessen „Beiträge zur Kenntnis der Zelle und ihrer Lebenserscheinun-

nannte er Erythroblasten und Leukoblasten.[1] In der Erythroblastenreihe soll die Theilung der Zellen indirect (mitotisch) erfolgen; in der Leukoblastenreihe sollte nach Löwit's ersten Angaben nur amitotische (directe) Zelltheilung vorkommen. Die letztere Anschauung modificirte Löwit später, weil er auch bei der Theilung seiner Leukoblasten nicht blos eine Kernzerschnürung nach Remak's Schema (Holoschisis-Flemming) beobachtete, sondern Differenzirungen der chromatischen Substanz des Kernes bei der Theilung auftreten sah, die er als einfachere Form der indirecten Zelltheilung (divisio indirecta per granula) der indirecten Zelltheilung bei den Erythroblasten (divisio indirecta per fila) gegenüberstellte. Zwischen diesen beiden Zellreihen kommen nach Löwit keine Übergänge vor.

Diese Leukoblasten und Erythroblasten als getrennte Ausgangspunkte zweier Entwicklungsreihen von Zellen acceptirte auch Denys.[2] Obwohl er, im Gegensatze zu Löwit, auch für die Leukoblasten die division cinétique nachweist, findet er trotzdem noch genug Unterschiede[3] zwischen den Leukoblasten und den Erythroblasten, um beide Formen von Blutzellen, die rothen und die weissen, als streng getrennte Reihen hinzustellen.

Gegen diese Lehre liesse sich einwenden, dass beide Reihen von Zellen eine frühe Phase ihrer Entwicklung gemeinsam haben könnten und dass Zellen mit ruhendem Kerne, die nicht von einander unterschieden sind, als gemeinsamer Ausgangspunkt für

---

gen.“ II. Th. (Arch. f. mikr. An. XVIII, S. 151) entnommen werden kann: „Innerhalb der Blutgefässe sind die Jugendformen rother Blutzellen, die noch kein oder wenig Haemoglobin haben, von farblosen Blutzellen nicht zu unterscheiden. Erstere aber theilen sich, wie ich beschrieb, indirect.“ (S. 167).

[1] Löwit vermeidet mit Recht, wie es auch Norris (The phys. and path. of the blood. London 1882. Introd. XLIII) und Phisalix (a. a. o.) thun, den Namen „Haematoblasten“ zu gebrauchen, weil bis jetzt schon eine Reihe ganz verschiedener Zellen (angef. von L. Malassez: Arch. de phys. norm. et path. Deux. sér. T. neuv. 1er sem. 1882, S. 1) mit diesem Namen belegt wurden. Die Bezeichnungen Leukoblasten und Erythroblasten nimmt auch Denys an.

[2] J. Denys: a. a. O.

[3] Einen übersichtlichen Vergleich der Darstellung der Leukoblasten und Erythroblasten nach Löwit und Denys s. Denys a. a. O. S. 224.

die Entwicklungsreihe sowohl der Erythrocyten als auch der Leukocyten vorhanden sein könnten.

Eine Prüfung dieses Einwurfes habe ich vorzunehmen gesucht, indem ich zuerst untersuchte, ob die Reihe der an den Blutzellen aufzufindenden mitotischen Figuren eine solche ist, dass sie durch die von Löwit beschriebenen und abgebildeten wirklich vollständig erschöpft wird. Es kommen hier namentlich die ersten Phasen des mitotischen Vorganges, die locker und enge gewundene Knäuelform des Mutterkerns, und die ihr zunächst vorausgehenden ruhenden Kerne, welche die Metamorphose in die activen Kerne eingehen können, welche Pfitzner[1] sehr bezeichnend als im Stadium der „Theilungsreife" stehende hingestellt hat, in Betracht.

Das früheste Stadium von Mitosen der Milzzellen präsentiren Zellen (Taf. II, Fig. 2), deren Grösse ziemlich gleich ist und mit der Grösse der ruhenden Zellen, aus welchen sie hervorgehen können, und mit der Grösse der folgenden Theilungsstadien übereinstimmt. (Vgl. Taf. II, Fig. 1, 2 u. d. folg.) Die Form dieser Zellen ist eine mehr oder weniger längliche. Die Zellsubstanz derselben erscheint an mit Flemming'schem Gemische behandelten Trockenpräparaten, die mit Safranin gefärbt und mit Alkohol von überschüssigem Farbstoffe befreit wurden, in einem braunrothen Farbentone (Taf. II, Fig. 2), welcher aufs deutlichste von der Färbung der Zellsubstanz der feinkörnigen Leukocyten, jener der Erythrocyten und auch von der Färbung der Zellsubstanz in späteren Phasen der Mitose, und zwar den auf das lockere Knäuelstadium folgenden Stadien, sich abhebt. (Vgl. Taf. II, Fig. 3 u. d. ff.) Der Zellkörper erscheint homogen, wenigstens ist keine gröbere Granulirung in demselben wahrzunehmen.

Da der gewöhnlich etwas excentrisch liegende Kern sehr gross ist, bildet die Zellsubstanz nur einen schmalen Saum um den Kern.

Die Zellsubstanz erscheint von dem Kerne gewöhnlich durch einen engen, farblosen, nicht überall gleich breiten Hof getrennt. In diesem ein blos optisches Phänomen zu sehen, geht nicht an,

---

[1] W. Pfitzner: Arch. f. mikr. An. XXII, S. 624. (Beiträge zur Lehre vom Bau des Zellkernes und seinen Theilungserscheinungen. S. 616.)

denn manchmal umgibt er nicht den ganzen Kern, ist, wie gesagt, ungleichmässig breit und ändert sich nicht mit der Richtung der einfallenden Beleuchtungsstrahlen. Er ist vielmehr als der Ausdruck einer in der Umgebung des activen Kernes auftretenden Veränderung der Zellsubstanz aufzufassen.

Der Kern zeigt die chromatische Substanz angeordnet in Form eines feinen, in enge, ebenmässige, gleich weit von einander abstehende Windungen gelegten Fadenknäuels, der die Kernmasse gleichmässig erfüllt (Taf. II, Fig. 2). Die Windungen zeigen keine scharfen Knickungen und keine Ungleichheiten der Dicke. Der Kernsaft erscheint vollkommen farblos. Ob im Fadenknäuel Unterbrechungen vorkommen, kann bei der Dünne des Fadenwerkes und der Enge der Windungen nicht sicher entschieden werden. Er dürfte sich jedoch höchst wahrscheinlich kaum anders verhalten als bei gleichwerthigen Kernen anderer Zellarten, wo ein geschlossener, chromatischer Fadenknäuel nachzuweisen ist.

Verbindungen einzelner benachbarter Windungszüge durch Fäden chromatischer Substanz konnten nicht wahrgenommen werden, mögen jedoch an Zellen, deren Kern noch nicht weit genug vom ruhenden Kerne sich entfernt hat, immerhin noch vorkommen.

Stellt man genau auf die grösste Peripherie des Kernes ein, so findet man die farblose Kerngrundsubstanz gegen den hellen, den Kern umgebenden Hof scharf und deutlich abgegrenzt. Veränderung der Einstellung des Mikroskops lässt an Stellen, wo die Fadenschlingen nicht allzu knapp an der Kernwandung liegen, deutlich einen scharf gezeichneten, dünnsten Contour wahrnehmen; der letztere ist der Ausdruck der achromatischen Kernmembran, die überall gleichmässig ohne Unterbrechung den Kern umzieht.

Die Zellen mit der eben beschriebenen Anordnung der chromatischen Substanz des Kernes fasse ich als Stadium des enge gewundenen Mutterknäuels[1] der farblosen Erythroblasten Löwit's auf. Löwit selbst hat aber dieses Stadium nicht beschrieben; was er als „grosse Mutterknäuel (Flemming)

[1] Vergl. W. Flemming: Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung, Fig. T, S. 263.

mit eng gewundenen Chromitinmaschen" beschreibt[1] und Taf. II, Fig. 58 abbildet, ist jedenfalls kein eng gewundener Mutterknäuel, wie solche die von mir gesehenen Objecte (vgl. Fig. 2, Taf. II, Fig. 2, Taf. III) erkennen lassen.

Die eigenartige Kernstructur zeigt, dass diese Zellen der karyokinetischen Reihe angehören.

Sie stimmen mit keiner der sonst noch in der Milz vorfindlichen Zellformen überein. Man kann sie nicht mit Erythrocyten verwechseln, oder mit durch Quellung veränderten Erythrocyten. Die ersteren müssten das chromatische Netz des ruhenden Kernes zeigen; in gequollenen Erythrocytenkernen (vgl. Abschnitt *A*, pag. 9 dieser Abh.) könnte man keinen so feinen, scharfgefärbten Fadenknäuel finden. Sie stimmen auch nicht mit den ruhenden Erythroblasten von Löwit und Denys überein, für deren Kerne Löwit und Denys eine netzförmige Anordnung des Chromatins fordern. Sie können aber auch nicht als Leukoblasten im Sinne Löwit's und Denys' aufgefasst werden, weil deren Kerne eine ganz andere Structur besitzen.

Wenn wir nun unsere Zellen mit den von Löwit beschriebenen vergleichen, denen er einen „Mutterknäuel mit eng gewundenen Chromatinmaschen" zuschreibt, so ergeben sich wesentliche Abweichungen. Die Chromatinbänder erscheinen bei Löwit viel dicker und lassen die Bezeichnung eines „feinfadigen" Korbgerüstes mit eng gewundenen Fäden (Flemming) nicht als zutreffend erscheinen. Bei Löwit sind regelmässige Anastomosen der Windungszüge der chromatischen Substanz gezeichnet, was dem Charakter eines wahren Knäuels widerspricht.

Für die von mir beschriebenen Bilder muss ich hervorheben, dass in Übereinstimmung mit den für die Kinese des Kernes anderer Zellarten giltigen Darstellungen, z. B. Flemming's und Retzius'[2], auch für das früheste Stadium der Mitose der in der Milz vorfindlichen sich theilenden Blutzellen ein echter Fadenknäuel existirt, der durch eine Umwandlung aus der Gerüstform ruhender Kerne von Zellen, die wir später beschreiben werden, hervorgeht.

---

[1] M. Löwit: Über Neubild. u. Zerfall weisser Blutkpch. Sep. Abdr. S. 38.
[2] G. Retzius: Studien über die Zellentheilung, Biolog. Untersuchungen. Jahrg. 1881, S. 109.

Das nächste Stadium der mitotischen Veränderung unserer Zellen ist das mit der lockeren Knäuelform (Korbform) des Mutterkernes (Flemming's; Taf. II, Fig. 3). Die Grösse der Zellen stimmt in diesem Stadium mit der Grösse der Zellen in der Phase des eng gewundenen Knäuels (Taf. II, Fig. 2) überein. In Bezug auf die Zellsubstanz im Stadium des lockeren Knäuels sei das Folgende bemerkt. Sie erscheint an Trockenpräparaten, die mit Flemming'schem Gemische nachbehandelt, mit Safranin gefärbt und mit Alkohol gut ausgezogen wurden, röthlich gefärbt, doch ist diesem Roth bei den verschiedenen Zellen bald mehr, bald weniger Braun beigemischt (Taf. II, Fig. 3); dadurch kann einerseits eine fast so dunkle Färbung wie im engen Knäuelstadium, anderseits eine fast so helle wie bei den späteren Phasen der Mitose zu Stande kommen, ein Befund, welcher die nahe Zusammengehörigkeit der beschriebenen Stadien der Mitose (Fig. 2 und 3, Taf. II) zeigt.

Der Kern mit der lockeren Knäuelform ist gegen den Zellleib, wie es scheint, durch eine achromatische Membran begrenzt. Der Kernsaft ist vollkommen farblos, die chromatischen Schleifen erscheinen dicker als beim eng gewundenen Knäuel; die Dicke der Fäden des lockeren Knäuels ist ungefähr die Dicke der Schleifen chromatischer Substanz in den noch zu beschreibenden nachfolgenden Phasen der Mitose. Nucleolen, Verdickungen und quere Verbindungen der Windungszüge des Knäuels fehlen vollständig.

Ist der eng gewundene Knäuel vorhanden, so erscheint der mit Safranin gefärbte Kern in seiner Masse nicht so gleichmässig und satt roth gefärbt, als wenn das Stadium des lockeren Knäuels vorhanden ist. Es kommt dies eben davon her, dass der eine aus dünneren, der andere aus dickeren Fasern chromatischer Substanz bestehende Windungszüge darbietet. Dieser Unterschied des Ansehens erhält sich auch dann noch, wenn die Kernfäden gequollen und in ihrem Verhältniss zu einander verschoben zur Anschauung gelangen.

Es ereignet sich nämlich ganz ebenso, wie wir es bei den Erythrocyten beschrieben haben, auch an den beschriebenen Stadien der mitotischen Zellen, dass sie, wenn der Milzsaft nicht rasch und völlig frisch im Trockenpräparate fixirt wird, im ge-

quollenen Zustande zur Beobachtung gelangen. In diesem Falle kann die Auflösung der Kernstructur Schwierigkeiten machen. Auch hier kann sich die chromatische Substanz zu mehr unregelmässigen, den ursprünglichen Charakter des von scharf begrenzten, gleich dicken Balkenwindungen durchzogenen Kernes verwischenden Chromatinklumpen zusammenschieben, welche sich aber nicht frei im Innern des Kernes befinden, sondern ungleichmässig dicke, strangartige Formen darstellen, damit noch auf ihr Entstehen aus den nebeneinander laufenden Windungsreihen hinweisend. Auch hier nimmt, je mehr die Quellung vorgeschritten ist, die Intensität der Färbung ab.

Dem Gesagten zufolge ist auch der Umstand, dass an den Schnitten der Milz die enge und lockere Knäuelform des Kernes der kinetischen Zellen nicht in der Regelmässigkeit und Schönheit gesehen wird, wie an gut gelungenen Trockenpräparaten, gut verständlich. Die Ursache ist in der Wirkung der Fixirflüssigkeiten zu suchen, welche die Kerne, während sie im Stadium der Knäuelform stehen, in der gleichen Weise verändern, wie die Kerne der weissen Blutkörperchen, also eine ähnliche Umlagerung der ursprünglichen Anordnung des Chromatins bewirken, wie sie bei den einkernigen Leukocyten genauer beschrieben wurde. Die Fixirflüssigkeiten, welche wohl vorzüglich im Stande sind, die mit der weiter vorgeschrittenen Kernmetamorphose mehr differenzirten Schleifen zu conserviren, sind in diesem Falle nicht geeignet, die Structur der Knäuelform naturtreu zu erhalten. Zweifellos sind die Schwierigkeiten der treuen Conservirung der Knäuelform überhaupt die Ursache, dass diese Phase auch bei anderen Zellarten am spätesten richtig beobachtet wurde. Jedenfalls sind die späteren Theilungsfiguren viel widerstandsfähiger. Auch an guten Trockenpräparaten sieht man nahezu nie stärker veränderte Mitosen in späteren Phasen; häufig sind dagegen auch hier die Knäuelformen verändert.

Es soll hier an die Darstellung Flemming's erinnert werden, der den Kern in den Anfangsstadien der Karyokinese in der Gesammtform des ruhenden Kernes noch erhalten sieht.[1] Das Erhaltenbleiben der Form und Grösse in den Anfangs-

[1] W. Flemming: Zellsubstanz etc. S. 212.

stadien der activen Kerne erlaubt aber möglicherweise, über die Beschaffenheit und Zusammensetzung der Kerne schliessen zu dürfen, dass sie sich in Bezug auf Quellung und Veränderung durch Fixirflüssigkeiten ähnlich verhalten wie die ruhenden Kerne, welche von Fixirflüssigkeiten in Bezug auf die Anordnung der chromatischen Substanz erheblich verändert werden können. Dagegen werden die späteren Phasen der fadigen Kerndifferenzirung, sobald einmal die Form des ruhenden Kernes verlassen wurde, gut conservirt. Es wäre somit der Vermuthung Raum zu geben, dass das Missverhältnis der Knäuelformen an Trockenpräparaten und Schnitten desselben Objectes dem Einflusse der Fixirflüssigkeiten zuzuschreiben ist, welche eben nur die Anfangsphasen der activen Blutzellen in der gekennzeichneten Weise verändern.

Die enge und lockere Knäuelform des Kerns, die wir beschrieben haben, stimmt mit den gleichen Phasen indirecter Zelltheilung anderer Zellarten, wie sie insbesondere von Flemming und Retzius[1] beschrieben wurden, völlig überein. Dies ist wichtig, weil wir sie successive hervorgehen sehen werden aus Zellen mit ruhenden Kernen, welche der Reihe der Leukocyten zugerechnet werden müssen.

Mit dem von uns beschriebenen, lockeren Knäuelstadium stimmt die Fig. 12, Tafel I der ersten Mittheilung Löwit's[2] überein, welche er als grosse (farblose) Bildungszellen auffasst, und als „grosse Knäuelformen mit den scharfen winkligen Knickungen“ in seine „locker gewundenen Knäuelformen mit den längeren Windungsabständen“[3] übergehen lässt. Vor diesem Stadium liegt unser früher beschriebenes, enges Knäuelstadium, welches, wie schon gesagt, in Löwit's Reihe fehlt, nachdem wir den in Löwit's zweiter Mittheilung angeführten „Mutterknäuel mit eng gewundenen Chromatinmaschen“ nicht als mit dem von uns als erstes Stadium der Mitose beschriebenen eng gewundenen Knäuel übereinstimmend anerkennen konnten.

---

[1] G. Retzius: Studien über die Zellentheilung. Biologische Untersuchungen. Jahrg. 1881, S. 109.

[2] M. Löwit: Über die Bildung rother und weisser Blutkpch. a. a. O.

[3] M. Löwit: a. a. O. S. A. S. 24.

Für die richtige Deutung der zuletzt beschriebenen Phase spricht eine mit den Erfahrungen bei anderen Zellarten übereinstimmende Erscheinung; es ist dies das Verhalten des Zelleibes gegenüber dem Kerne. Der Kern ist von einem hellen Hofe umgeben, der dem beim eng gewundenen Knäuel beschriebenen ähnlich ist. Über diesen Hof möchte ich noch einige Bemerkungen machen.

Er ist am deutlichsten ausgesprochen um den lockeren Knäuel (Taf. II, Fig. 3); weniger ausgedehnt ist er um den eng gewundenen Knäuel (Taf. II, Fig. 2; Taf. III, Fig. 2); um den ruhenden Kern ist er, wie wir später sehen werden, in der Regel nicht vorhanden (Taf. II, Fig. 1); aber in einzelnen Fällen können um ruhende Kerne Übergänge von nur stellenweise sichtbaren bis nahezu den grössten Theil der Kernperipherie einnehmenden, hellen Zonen gesehen werden (Taf. III, Fig. 1 und 3). Weder die feingranulirten Leukocyten, noch die Leukoblasten und Erythroblasten im Sinne Löwit's und Denys' (vgl. unsere Taf. V, Fig. 22, 23, 24, 25, 27 [Leukoblasten] und Fig. 14—19, Taf. V [Erythroblasten]), noch die Erythrocyten (Taf. IV, Fig. 5, Taf. IV, Fig. 1, 2) besitzen derartige Höfe um die Kerne.

Man sieht diese Höfe nicht nur an mit Flemming'schem Gemische nachbehandelten Trockenpräparaten, sondern auch, wie wir später sehen werden, an mit Anilinfarben behandelten erhitzten Trockenpräparaten, die vor der Färbung mit keiner Fixirflüssigkeit behandelt wurden.

Wollte man nun annehmen, dass in diesen hellen Höfen[1] eine Schrumpfwirkung, hervorgerufen durch die Trockenmethode oder durch das Erhitzen, in die Erscheinung träte, so würde ihr regelmässiges Auftreten an bestimmten, in Mitose befindlichen Zellen, verglichen mit dem constanten Fehlen an den früher angeführten Zellen, doch als eine mit der Mitose einhergehende molekulare Veränderung der Zellsubstanz um den Kern angesehen werden müssen, da man sonst nicht verstehen würde, warum sie eben an anderen Zellen bei ganz gleicher Behandlungsweise derselben immer fehlt.

---

[1] Vergl. W. Flemming: Zellsubstanz etc. S. 208.

Bei der Beschreibung der Stadien des enge und locker gewundenen Knäuels wurde erwähnt, dass die Zellsubstanz eine mehr oder weniger deutlich ins Braune ziehende Farbe besitzt und es wurde auch schon angeführt, dass diese Farbe in späteren Phasen der Mitose fast gänzlich fehlt; dagegen kommt sie, wie wir sehen werden, an den später zu beschreibenden Zellen mit ruhendem Kerne vor (vgl. vorläufig Fig. 1, Taf. II). Man könnte nun etwa daraus gerade schliessen wollen, dass diese Zellen nicht, wie wir glauben, den Anfang einer bestimmten mitotischen Reihe bilden, allein dagegen ist zu bemerken, dass mit dem Fortschreiten der Mitose eben auch Veränderungen der Zellsubstanz auftreten, wie das ja schon Flemming[1] allgemein nachgewiesen hat und wofür auch die Anpassung der Form des Zellleibes an die Form der Kerntheilungsfigur spricht. Die von Löwit[2] angeführte verschiedene Anordnung der Körnelung in den Zelleibern der activen Erythroblasten habe ich nicht[3] bestätigen können, weil ich solche Körnchen weder in den verschieden behandelten Schnitt-, noch Trockenpräparaten nachweisen konnte.

Eines möchte ich noch bemerken. Die erwähnte Beimischung von Braun ist bei derselben Phase nicht immer die gleiche. Schon beim enggewundenen Knäuel findet man, wenn auch selten, solche Zellen, welche nur einen schwach ins Bräunliche spielenden Farbenton aufweisen; im Stadium des lockeren Knäuels sind dann dem entsprechend Zellen mit einer nicht viel mehr von den folgenden Phasen unterscheidbaren Färbung zu sehen, während anderseits lockere Knäuelformen mit noch starker Braunfärbung der Zellsubstanz beobachtet werden können, was darauf hinweist, dass die stofflichen Veränderungen im Zelleibe sich nicht immer mit derselben Geschwindigkeit abspielen. Wir werden übrigens gleich später über diese Vorgänge unter Anwendung von verschiedenen Tinctionsmitteln noch weitere Aufschlüsse erhalten. Jetzt gehe ich an die Beschreibung der dem lockeren Knäuel folgenden Theilungsphasen, wobei ich mich aber auf eine kurze

[1] W. Flemming: Zellsubstanz etc. S. 206 u. 207.

[2] M. Löwit: Über die Bildung rother u. weisser Blutkpch. Sep. Abdr. S. 22.

[3] Vergl. L. Török: a. a. O. S. 612.

Anführung beschränken will, da die meisten Bilder besonders von Löwit[1] und Török[2] bereits beschrieben wurden und, wie Flemming[3] zeigen konnte, die Kerntheilungsfigur die sonstigen wesentlichen Phasen durchläuft.

Ich will noch bemerken, dass an den Trockenpräparaten, die nach Behandlung mit dem Flemming'schen Gemische mit Safranin tingirt wurden, die Färbung der kinetischen Zellen (von dem Stadium an, das Fig. 4, Taf. I wiedergibt), nicht die gleiche ist, wie sie die Erythrocyten annehmen. Beide sind zart roth gefärbt. Letztere sind jedoch rein roth gefärbt, während bei ersteren der Ton leicht gegen bräunlich oder licht grau[4] abweicht.[5]

Die Stadien des enge und des locker gewundenen Mutterknäuels haben wir bereits kennen gelernt (Taf. II, Fig. 2 und 3, Taf. III, Fig. 2). Das Stadium der Segmentirung des Mutterknäuels bringt Taf. III, Fig. 4. Die Zelle stammt aus einem Trockenpräparate des Milzsaftes vom Triton, welches nach Chromsäurebehandlung vergoldet wurde.

Die Zelle, welche in Fig. 5, Taf. III, wiedergegeben ist, stammt aus einem Schnitte der mit Chromsäure behandelten Milz vom Triton. Die Ähnlichkeit der Anordnung der Schleifen mit der Anordnung derselben in den dichten Knäueln nach Rabl[6] ist augenfällig. Doch habe ich nach der genauesten Untersuchung dieser Zelle keine Kernmembran finden können, welche im Stadium des dichten Knäuels nach Rabl vorhanden[7] ist. Bei dieser Gelegenheit möchte ich an die Anschauung Löwit's erinnern, welcher in ähnlichen Zellen ein allerdings sehr frühes Stadium der Karyomitose sieht, das aber doch bereits dem Sta-

---

[1] M. Löwit: a. a. O.

[2] L. Török: a. a. O.

[3] W. Flemming: Arch. f. mikr. An. XVI, 1879, S. 397; Zellsubstanz etc. S. 262. — Vgl. W. Pfitzner: Arch. f. mikr. An. XX, S. 138.

[4] Vgl. L. Török: a. a. O. S. 609.

[5] In den Abbildungen nicht ausgedrückt.

[6] C. Rabl: Über Zelltheilung: Morphol. Jahrbuch. Bd. X, 1885, S. 214 ff.

[7] C. Rabl: a. a. O. S. 228.

dium des Mutterknäuels und speciell der Segmentirung desselben in einzelne Fadenabschnitte nachfolgt. [1]

Einige Worte wären über eine eigenthümliche, typisch wiederkehrende Anordnung der Schleifen am Platze, welche stets nach der Segmentirung des Mutterknäuels in Längsabschnitte eintritt und den Übergang in die Sternform vermittelt. Der Form wegen kann sie als die Kranzform bezeichnet werden (Taf. I, *i*, *o*, *g*; Taf. II, Fig. 6, 7; Taf. III, Fig. 8 und 9).

Dieses Stadium scheint stets nach vollendeter Segmentirung des Mutterknäuels aufzutreten, kann daher nicht als Knäuelform mit fadenfreier Mitte oder als Sternform mit noch unvollständiger Segmentirung aufgefasst werden. Diese Kerntheilungsfiguren habe ich ungemein zahlreich gesehen, sowohl an Schnitten, wie an Trockenpräparaten.

Den Übergang der segmentirten Knäuel zu den Kranzformen stellen sichtlich jene Zellen dar, welche Fig. 4 und 5, Taf. II, und Fig. 6 und 7, Taf. III, wiedergeben.

Fig. *l*, *k*, *p*, Taf. I, Fig. 8, Taf. II, Fig. 10, Taf. III, bringen die Sternform des Mutterkernes. Die letztgenannte Zelle stammt aus einem Schnitte der mit dem Flemming'schen Gemische behandelten Milz vom Triton. In Fig. 8, Taf. II (aus einem Trockenpräparate, Milzsaft, Frosch) sind die benachbarten Doppelfäden wahrscheinlich verklebt, wie in Taf. I, *f*. Dasselbe ist auch bei dem in Fig. 11, Taf. III, wiedergegebenen Muttersterne (Chromsäure, Schnitt) der Fall, welcher hier von der Kante gesehen wird. Eine ähnliche Zelle wie Fig. 11, Taf. III, bringt Taf. I, *n*. Die folgenden Stadien der Metakinese stellen Fig. 9, 10, 11, 12, Taf. II, und Fig. 12, 13, Taf. III, dar. Besonders die Fig. 12, Taf. II, und Fig. 13, Taf. III bieten einiges Interesse, da sie die typische, regelrechte Endform der Metakinese der Blutzellen, ziemlich genau entsprechend der Darstellung, welche Flemming für das gleiche Stadium bei anderen Zellarten gibt, zur Ansicht bringen.

Das Auseinanderweichen der Kernfigur, den Anfang der Tochtersternform bringen Taf. I *q*, *r* und Fig. 14 und 15, Taf. III; ihnen folgt als späteres Stadium Taf. I, *h*, *m* und Fig. 13, Taf. II.

---

[1] M. Löwit: Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen. Sep. Abdr. S. 39.

Während des Diasterstadiums kann bereits die Zelltheilung stattfinden, so dass man, wie bereits Löwit[1] und Török[2] angeben, öfter solitäre Tochtersternfiguren antrifft.

Die Knäuelform der Tochterkerne ist an Fig. 14 und 15, Taf. II, und Fig. 16, Taf. III, ersichtlich. Letztere Zelle wurde aus dem Grunde gezeichnet, weil sie leicht mit jenen sehr selten gesehenen fertigen Erythrocyten verwechselt werden könnte, welche zwei Kerne enthalten, deren Bau genau der der übrigen Erythrocyten ist. Vor Verwechslung schützt die deutlich erkennbare Kernstructur. Erythrocyten mit zwei Kernen müssen wohl auf eine „unvollständige oder verkrüppelte Zelltheilung"[3] geschoben werden, bei welcher die Theilung der Zelle ausgeblieben ist, die Zelle aber rothen Blutfarbstoff in sich bildete und zur Zellform des fertigen, nicht mehr theilungsfähigen Erythrocyten sich fortentwickelte.

Von einer achromatischen Figur habe ich mich an meinen Präparaten nicht selbst überzeugen können. Das Vorhandensein von Kernspindeln kann aber nach mehrfachen Beobachtungen (Pfitzner[4], Löwit[5], Rabl[6], Török[7]) kaum bezweifelt werden. Die Darstellung derselben scheint aber besonders schwer und nur unter ganz besonderen Bedingungen möglich zu sein.

Bemerkenswerth ist die an Schnitten auffallend regelmässig auftretende Erscheinung, dass die an einer bestimmten Stelle vorfindlichen Karyokinesen meist in der gleichen Phase oder in sehr nahe stehenden Phasen der Kernmetamorphose sich befinden. (S. Tafel I.) Diese Erscheinung würde, ebenso, wie die stellenweise grössere Anhäufung von Kerntheilungen

---

[1] M. Löwit: Über die Bildung rother und weisser Blutkpch. S. A. S. 24.

[2] L. Török: a. a. O. S. 612.

[3] W. Flemming: Über das Verhalten des Kernes bei der Zelltheilung und über die Bedeutung mehrkerniger Zellen. Virch. Arch. 1879, Bd. 77, S. 1 (S. 11).

[4] W. Pfitzner: Arch. f. mikr. An. Bd. XX, S. 138.

[5] M. Löwit: Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkpch. S. A. S. 39.

[6] C. Rabl: Morphol. Jahrb. Bd. X, Taf. X, Fig. 13; S. 263.

[7] L. Török: a. a. O. S. 612.

auf eine die Zellen eines Bezirkes gleichzeitig beeinflussende Anregung zur Zelltheilung hinweisen.

In der vorausgehenden Untersuchung wurde bei dem Studium der in Mitose begriffenen Zellen hauptsächlich nach dem Vorgange Flemming's auf die im Kern sich abspielenden Vorgänge geachtet. Ich habe mich aber im Verlauf der Untersuchungen überzeugt, dass es sehr wichtig ist, diese Untersuchungen noch mittelst anderer Methoden zu wiederholen, und zwar solcher, die vorzugsweise darauf ausgehen, die Zellsubstanz mit gewissen Färbemitteln zu behandeln. Gerade durch diese gelingt es, die Art des Theilungsvorganges, durch welchen neue Blutzellen im Organismus entstehen, genauer festzustellen. Mit Hilfe der Färbemethoden können substanzielle Veränderungen der Zellsubstanz während des Theilungsvorganges der Zellen aufgedeckt werden, welche auf die Herkunft und Entwicklung der Zellen ein helleres Licht werfen und welche man durch die morphologischen Untersuchungen der Kerne allein nicht zu ermitteln im Stande ist. Gerade für diese Untersuchung verwendete ich anfangs die Trockenmethode, von der ich mich bald überzeugte, dass sie auch die Structur der Kerne in völlig brauchbarer Weise erhält.

Um die von mir gebrauchten Färbeflüssigkeiten anwenden zu können, ist es aber nothwendig, die Trockenpräparate vorhergehend auf beiläufig 125°C. während zweier Stunden allmählich zu erhitzen. Bei also behandelten Präparaten entfernen die Färbemittel nicht mehr den rothen Blutfarbestoff aus den Zellen und verändern dieselben auch nicht mehr die Anordnung der chromatischen Substanz in den karyomitotischen Figuren.

Eine Einwirkung des Flemming'schen Gemisches oder von Chromsäure darf der Färbung in diesen Fällen nicht vorausgehen[1]; beide verändern die chemischen Eigenschaften der Zellen (wirken oxydirend [Ehrlich[2], Dekhuyzen[3]]); sie setzen die „Acidophilie“ herab und erhöhen die „Basophilie.“

---

[1] Aus diesem Grunde kann auch D. Biondi's Methode (Neue Methode der mikrosk. Untersuchung des Blutes. Arch. f. mikr. An. XXXI, 1888, S. 103 ff.) bei diesen Untersuchungen nicht angewendet werden.

[2] P. Ehrlich, Arch. f. Anat. u. Phys., phys. Abth. 1879, S. 572.

[3] M. C. Dekhuyzen: Über die Tinction. Med. Centralbl. Nr. 51 und 52.

Ich bediente mich fast ausschliesslich einer Doppelfärbung mit Aurantia und Methylenblau. Ich fand, dass die zweckmässigste Anwendungsweise eine concentrirte alkoholische Lösung ist, wie sich auch Löwit derselben bediente. Sie ertheilt der Zellsubstanz der Erythrocyten, wie wir schon angeführt haben, einen durchsichtigen, rein gelben Farbenton (Taf. IV, Fig. 5), während die wässrige oder glycerinige Lösung desselben Farbestoffes eine mehr dunkle, orange-rothe Färbung hervorruft. Über ihr Verhalten zur Zellsubstanz der mitotischen Zellen werden wir sogleich das Nähere beibringen.

Die nachträgliche Färbung, namentlich der chromatischen Schleifen der Kerntheilungsfiguren, mit einer starken Lösung von Methylenblau in Wasser gelingt vortrefflich. Um Dauerpräparate zu erhalten, ist das Verfahren kurz angeführt folgendes: Färbung mit concentrirter alkoholischer Lösung von Aurantia, Abspülen der überschüssigen, nicht fester gebundenen Farbstoffes mit Alkohol, nach Abfliessen und Verdunstung desselben Tinction mit der Methylenblaulösung, Abspülen mit Wasser, Trocknen an der Luft, Einschluss in einer Lösung von Damarharz in Xylol.

Wir haben schon angeführt, dass der Zelleib der feingranulirten Leukocyten und der eosinophilen Zellen an guten Präparaten bei dem beschriebenen Färbeverfahren ungefärbt bleibt und ebenso, dass der Zelleib der einkernigen Leukocyten rein blau gefärbt erscheint (Taf. IV, 1 und 2). In eigenthümlicher, durchaus constanter Weise treten die Zelleiber kinetischer Zellen hervor. Bei diesen ist der Zellkörper in einem von der Färbung aller übrigen Blutzellen abweichenden, dunkelgrünen Tone gefärbt (Taf. IV, Fig. 9—17). Dieser Farbenton ist den Zelleibern der activen Zellen eigen vom Stadium der Segmentirung des Mutterknäuels an durch alle folgenden Phasen der Karyomitose bis zu den ebenso gefärbten Tochterzellen. Von den mitotischen Blutzellen nach der Doppelfärbung des Trockenpräparates mit Aurantia und Methylenblau, die auf der Taf. IV wiedergegeben sind, stellt Fig. 7 ein eng gewundenes Knäuelstadium dar (entsprechend Taf. II, Fig. 2); Fig. 8, Taf. IV, ist ein lockerer Knäuel (entsprechend Fig. 3, Taf. II). Fig. 9, Taf. IV, stellt jenes Stadium dar, welches früher, der regelmässig wiederkehrenden Anordnung der chromatischen Schleifen zufolge, als Kranzform bezeichnet wurde.

Fig. 10 ist eine Sternform, bei welcher die Schleifen etwas verklebt erscheinen. Dasselbe ist bei der Metakinese, Fig. 11, der Fall. Fig. 12 repräsentirt die Sternform der Tochterkerne, die folgenden Fig. 13 und 14 sind Tochterknäuel, in welchem Stadium gewöhnlich die Zelltheilung erfolgt, wie Fig. 15, 16 und 17 zeigen.

Färbt man die Trockenpräparate mit Methylenblau allein, dann erscheinen die beiden Knäuelstadien tief blau gefärbt. Vom segmentirten Mutterknäuel an erscheinen die mitotischen Zellen heller blau, jedoch in allen Stadien dann von gleichmässiger Färbung. Daraus ist zu entnehmen, dass diese letzteren Stadien leicht das Methylenblau und bei der genannten Doppelfärbung auch etwas Aurantia fixiren. Dies ist auch der Fall, wenn in diesen Zellen kein Haemoglobin vorhanden ist.

Auf diese Farbenreactionen werden wir später mit Beziehung auf die noch zu besprechenden theilungsreifen ruhenden Zellen, welche sich in die kinetischen Zellen umsetzen, im Zusammenhange noch einmal zurückkommen. Einige Worte muss ich der Frage widmen, ob die in Mitose begriffenen Zellen haemoglobinhältig sind oder nicht. Dass reife rothe Blutkörperchen sich theilen, habe ich nie gesehen und kann ebensowenig wie Löwit[1] die Reihe der mitotischen Zellen von den fertigen rothen Blutzellen ableiten.

Ich muss Löwit und Denys beistimmen, dass die Theilungsreihen von besonderen Bildungszellen ihren Ausgang nehmen. Beide Untersucher haben aber auch bei diesen Zellen einen Haemoglobingehalt gesehen noch ehe diese Zellen sich in Erythrocyten umgewandelt hatten.

An Milzen von Fröschen und Tritonen, welche in Flemming'schem Gemische gelegen hatten, welches das Haemoglobin an die Zellstromata bindet, findet man neben mehr oder weniger haemoglobinhältigen, mitotischen Zellen auch solche, denen, wie ganz sicher erhoben werden kann, jegliche Spur einer Haemoglobinfärbung fehlt.

---

[1] M. Löwit: Über die Bildung rother und weisser Blutkpch. S. A. S. 26.

E. Die theilungsreifen ruhenden Zellen.

Bei der Durchsicht der Zellen des Milzsaftes an Trockenpräparaten findet man Zellen, deren Grösse jener der mitotischen gleichkommt, deren Kerne aber nicht die eigenthümliche, bei der Kinese des Kernes auftretende regelmässige Anordnung der chromatischen Substanz aufweisen, weder einen unterbrechungslosen Fadenknäuel, noch die späteren regelmässig geordneten Chromatinschleifen. Der Zelleib dieser Zellen ist in einem ähnlich bräunlichen Farbentone gefärbt, wie er bereits für das Stadium der Knäuelform des Mutterkerns beschrieben wurde. Der Kern, der den grössten Theil der Zelle inne hat, so dass der Zellkörper auf eine schmale Zone beschränkt ist, ist so ziemlich von der Grösse der Kernfigur der Knäuelform und liegt gewöhnlich excentrisch (Taf. II, Fig. 1, Taf. III, Fig. 1 3 [Trockenpräparate]; Taf. I c [Schnitt nach Chromsäurebehandlung]).

Die anscheinend von einer dünnen Membran eingeschlossenen Kerne haben gewöhnlich keine Höfe um sich. Ist eine Andeutung der letzteren vorhanden, so ist das nur bald an grösseren, bald an kleineren Partien des Umfanges, nicht aber im ganzen Umfange des Kernes der Fall.

Der Kern ist ungemein dicht von einem Systeme theilweise gewiss zusammenhangloser, feiner und feinster, oft verästelter, ungleich langer und verschieden dicker, chromatischer Fäserchen durchzogen. Diese sind nicht von gleichbleibendem Querschnitte, sondern verbreitern oder verschmächtigen sich abwechselnd. Bei der grossen Dünnheit des grössten Theiles der Fäserchen ist es schwer, dieselben genau zu verfolgen; jedenfalls aber stösst man auf deutliche Unterbrechungen zwischen den Fäserchen. In dem Kerninnern befinden sich stärker gefärbt als die Fäserchen unregelmässige, nicht immer ganz scharf begrenzte Verdickungen und besonders bei Behandlung mit Chromsäure deutlich hervortretende Nucleolen (s. Taf. I, *c*).

Man muss in diesen Zellen, deren Kern in Bezug auf seine Structur mit der Darstellung, welche Flemming von ruhenden Kernen gibt, übereinstimmt, Zellen erkennen, von welchen die Reihe der mitotischen Zellen ihren Ausgang nehmen kann; ich möchte sie deshalb, um einen sehr bezeichnenden Ausdruck

Pfitzner's[1] zu wiederholen, als Zellen bezeichnen, welche das Stadium der Theilungsreife erreicht haben. Die mit der Grösse der mitotischen Zellen übereinstimmende Grösse dieser Zellen, ihre Kernstructur, die Beschaffenheit der Zellsubstanz weisen den besprochenen Zellen diesen Platz an.

Diese Anschauung erfordert eine sehr genaue Prüfung, denn Löwit lässt die karyomitotische Reihe der Blutzellen nur von den Erythroblasten ausgehen, d. i. den durch indirecte Theilung gebildeten Tochterzellen derselben Reihe, während unsere theilungsreifen Zellen noch in die Reihe der Leukocyten zu stellende Gebilde darstellen.

Unsere Zellen stimmen nicht überein mit der Darstellung, welche Löwit[2] und Denys von ihren Leukoblasten geben und ebenso wenig mit der der Erythroblasten. Das geht sofort hervor aus der Form und Grösse der Zellen, welche mit der Grösse der in Mitose begriffenen übereinstimmt; ihren Kernen fehlt das Netzwerk, wie es bei den Kernen der Erythroblasten im Sinne Löwit's und Denys' vorhanden sein müsste. Auch die dünnen Fäserchen im Kerne weichen von den dickeren Bälkchen des Netzwerkes der Erythroblastenkerne bedeutend ab. Auch enthalten die Erythoblastenkerne nach Löwit keine Kernkörperchen. Die Beschreibung, welche Löwit von den Kernen der Leukoblasten gibt, passt aber auch nicht auf unsere Kerne, denen die klumpigen Chromatinmassen fehlen.

Der Einwurf, dass etwa nur schlecht erhaltene oder schlecht gefärbte Knäuelformen vorliegen, ist leicht zu beseitigen, weil in denselben Präparaten neben unseren Zellen vollkommen scharf gefärbte, deutliche Knäuel enthaltende Zellen vorkommen.

Es ist von Interesse, anzuführen, dass Denys[3], welcher, der Darstellung von Löwit folgend, zwei vollständig getrennte Zellreihen: die Reihe der weissen und die der rothen Blutkörperchen, annimmt, im Knochenmarke der Vögel Zellen gesehen hat, die mit den in Rede stehenden, theilungsreifen Zellen dem Wesen nach übereinzustimmen scheinen. Er spricht von einer fadenförmigen

---

[1] W. Pfitzner: Arch. f. mikr. An. XXII, S. 624.
[2] M. Löwit: Über Neubildung u. Zerfall weisser Blutkpch. S. A. S. 35.
[3] J. Denys a. a. O.

Structur (la forme filamenteuse) der Kerne der in Karyomitose über gehenden Leukoblasten, obwohl nach ihm der Kern der Leukoblasten im état statique eine Anordnung der chromatischen Substanz (la nucléine) aufweisen soll, wie sie Löwit für die Kerne der Leukoblasten beschrieb. Man sehe aber dennoch da und dort einen Leukoblastenkern, welcher eine fadige Structur zeigt. Und das sei, trotzdem die Behauptung Löwit's richtig und „l'état nucléolé“ die wahre Ruheform der Leukoblastenkerne sei, nicht zu wundern, „puisque ces cellules (Leukoblasten) subissent la division cinétique et qu' avant la constitution de la forme pelotonnée il est nécessaire que l'élément nucléinien perde son aspect morcelé. Vers la fin de la division et avant le retour complet à l'état statique, on aura également de noyaux réticulés“. Ein auf die Zusammengehörigkeit der eben beschriebenen und der in Theilung befindlichen Zellen weisender Befund ist neben Form und Grösse des Zellkörpers und des Zellkernes, welcher in seiner Totalform, wie Flemming[1] bemerkt, noch in den Phasen der Knäuelform erhalten bleibt, die Beschaffenheit der Zellsubstanz, welche in ihrem mikrochemischen Verhalten die grösste Ähnlichkeit mit jener der Zellen in den ersten Stadien der Mitose zeigt.

Die Zellsubstanz erscheint an so hergestellten Präparaten, wie wir sie früher anführten, in einem ähnlich bräunlichen Farbentone, wie die Zellsubstanz in den ersten Phasen der Mitose (vgl. Fig. 1 und Fig. 2, 3, Taf. II). Die theilungsreifen, ruhenden Zellen verhalten sich auch bei der Färbung mit Methylenblau und bei der Doppelfärbung mit Aurantia und Methylenblau in einer eigenthümlichen Weise. Der Zelleib ist in beiden Fällen der Färbung rein tief blau gefärbt (Taf. IV, Fig. 6), also in gleicher Weise wie der Zelleib der einkernigen weissen Milzzellen, der Leukoblasten im Sinne Löwit's und Denys'.

Den Übergang von den theilungsreifen ruhenden Zellen zu den späteren Phasen der Kinese vermitteln die beiden Knäuelformen (Fig. 7 und 8, Taf. IV). An diesen sehen wir in Fig. 7 den Zellleib noch stark blau gefärbt mit wenig Beimischung des Grünen, um den Kern ist ein heller Hof sichtbar, wie wir denselben auch

[1] W. Flemming, Zellsubstanz etc. S. 202.

für das Stadium Fig. 2, Taf. II, beschrieben haben. In Fig. 8, Taf. IV (lockeres Knäuelstadium) sehen wir die Zellsubstanz schon deutlich grün gefärbt, jedoch noch nicht in der Färbung wie in den späteren Phasen der Karyokinese, um den Kern wieder einen hellen Hof, wie er auch für das Stadium in Fig. 3, Taf. II beschrieben wurde.

Die nun auf Grund der Untersuchung des Zellkerns und der Zellsubstanz gegebene Darstellung zeigt einen vollständigen Übergang der von uns als theilungsreife ruhende Zellen bezeichneten Zellen zu den mitotischen; daraus geht hervor, dass die Entwicklung der karyokinetischen Reihe auch in anderer Weise anheben kann, als nach dem von Löwit geschilderten Gang der Entwicklung der karyomitotischen Reihe, die mit den wieder in Theilung tretenden Tochterzellen derselben Reihe beginnt. Denn es wird sich später herausstellen, dass die wieder in Theilung tretenden Tochterzellen von unseren theilungsreifen ruhenden Zellen sich gut trennen lassen.

Der Umstand, dass bei der Umwandlung der ruhenden Zellen in active eine Veränderung der Zellsubstanz[1] platzgreift, stimmt mit Beobachtungen über die Theilungsvorgänge an anderen Zellen überein.

Wir verweisen in dieser Beziehung auf Flemming[2]. Für unsere Zellen ist es noch wichtig anzuführen, dass die Umsetzung der Substanz der ruhenden Zellen in die der activen während des Eintrittes des ruhenden Kernes in die beiden Knäuelformen abläuft. Während der ruhende Kern sich in den kinetischen mit dem Aufgeben der allgemeinen Kernform umsetzt; die vollständige Umsetzung sich also in die kinetische Reihe fortzieht (vgl. Fig. 1, 2, 3, Taf. II, und 6, 7, 8, Taf. IV, mit den folgenden Phasen), finden wir ein analoges Verhalten an der Zellsubstanz, welche erst mit dem Verlassen der beiden Knäuelstadien

---

[1] Vgl. W. Flemming: Zellsubstanz etc., S. 207; W. Pfitzner: Zur morphol. Bedeutung d. Zellkernes. Morph. Jahrb. XI, 1886 (S. 54) S. 68; L. Török: a. a. O., S. 609.

[2] W. Flemming: Zellsubstanz etc., S. 206 ff. Vgl. ferner: W. Flemming: Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihrer Lebenserscheinungen. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XX, 1882, S. 1 (S. 80).

die substanzielle Beschaffenheit der activen Zellen erreicht hat. Die von uns als theilungsreife, ruhende Zellen an den Anfang der Reihe gestellten Zellen können sich also in die Erythroblasten Löwit's umsetzen und wir wollen gleich bemerken, dass sie die ruhende [1] Form der Erythroblasten Löwit's vorstellen.

F. Verhältniss der theilungsreifen ruhenden Zellen zu den Leukoblasten und Erythroblasten im Sinne Löwit's und Denys'.

Ehe wir auf diese Frage eingehen, soll in Erinnerung gebracht werden, dass Peremeschko[2], Arnold[3], Lavdowsky[4], Kultschizky[5], Cornil[6], Denys[7] von ihnen beobachtete Vorgänge der indirecten Kern- und Zelltheilung farbloser Blutzellen als an weissen Blutkörperchen ablaufende

---

[1] Löwit (Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkpch. S. A. S. 38) bezeichnet als Ruhestadium der Erythroblasten nur jene Zellen, „welche eine mehr oder weniger dichte netz- oder gerüstförmige Anordnung der chromatischen Substanz erkennen lassen".

[2] Peremeschko: Über die Theilung der Zellen. Ctrlbl. f. med. Wiss. 1878, Nr. 30, S. 547; Über die Theilung der thierischen Zellen. Arch. f. mikr. An. XVI, 1879, S. 437 ff. und XVII, 1880, S. 168 u. ff.; Flemming hielt es anfänglich nicht für sicher erwiesen (Arch. f. mikr. An. XVIII, S. 167), dass die fraglichen Zellen wirklich Leukocyten waren; diesen Zweifel hat aber Flemming später auf Grund selbstgemachter Beobachtungen aufgegeben (Zellsubstanz etc. S. 255—256 Fig. *H*; Arch. f. mikr. An. XXIV, S. 73).

[3] J. Arnold: Beiträge zur Anatomie des miliaren Tuberkels. Virch. Arch. 87, 1882, S. 114; Über Kern- und Zelltheilung bei acuter Hyperplasie der Lymphdrüsen und Milz. Virch. Arch. 95, 1884, S. 61. Über Theilungsvorgänge an den Wanderzellen. Arch. f. mikr. An. XXX, S. 205 ff.

[4] M. Lavdowsky: Mikroskopische Untersuchungen einiger Lebensvorgänge des Blutes. Virch. Arch. 96, 1884, (S. 60) S. 84.

[5] Kultschizky: Karyokinesis in farblosen Blutkörperchen. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1887, Nr. 6.

[6] V. Cornil: Sur la multiplication des cellules de la moelle des os par division indirecte dans l' inflammation. Archives de physiol., 3me série, X, 5, p. 47; ref. im Centralbl. f. Physiol. v. S. Exner und J. Gad, Bd. I, 1888, Seite 645.

[7] J. Denys, a. a. O. S. 220, 222, 223, 235.

beschrieben haben. Es fanden ferner Bizzozero[1], Flemming[2], Drews[3], Möbius[4], Paulsen[5], Schedel[6] im lymphadenoiden Gewebe in grosser Zahl indirecte Zelltheilung, welche sie mit der Neubildung weisser Blutkörperchen in Zusammenhang bringen. Sattler[7] fand indirecte Zelltheilung in Trachomkörnern, Aoyama[8] in hyperplastischen (pseudoleukämischen) Lymphdrüsen. Dieser Anschauung gegenüber vertritt Löwit den Standpunkt, dass diese Beobachtungen mit der Neubildung rother Blutkörperchen in Zusammenhang zu bringen sind und dass die Mitosen ablaufen in haemoglobinfreien Bildungszellen rother Blutkörperchen, seinen Erythroblasten, welche von den weissen Blutkörperchen, wie wir schon früher anführten, streng getrennt werden müssen. Solche Zellen kommen nach Löwit[9] nicht nur in Milz und Knochenmark, sondern auch in Lymphdrüsen und selbst im Bindegewebe vor[10].

---

[1] J. Bizzozero: Über die Natur der secundären leukämischen Bildungen. Virch. Arch. 99, 1885, (S. 378) S. 381.

[2] W. Flemming: Studien über Regeneration der Gewebe. Arch. f. mikr. An. XXIV, 1885, S. 50.

[3] R. Drews: Zellvermehrung in der Tonsilla palatina beim Erwachsenen. Arch. f. mikr. An. XXIV, S. 338.

[4] O. Möbius: Zellvermehrung in der Milz beim Erwachsenen. Arch. f. mikr. An. XXIV, S. 342.

[5] S. Paulsen: Zellvermehrung und ihre Begleitungserscheinungen in hyperplastischen Lymphdrüsen und Tonsillen. Arch. f. mikr. An. XXIV, S. 345.

[6] J. Schedel: Zellvermehrung in der Thymusdrüse. Arch. f. mikr. An. XXIV, S. 352.

[7] Sattler: Über die Natur des Trachoms und einiger anderer Bindehautkrankheiten. Ber. über die 13. Vers. d. ophthalm. Ges. Heidelberg 1881. Beilageheft z. d. klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde, XIX, 1881, S. 18.

[8] Aoyama: Indirecte Kerntheilung in verschiedenen Neubildungen. Virch. Arch. Bd. 106, 1886, S. 568 ff.

[9] Ebenso deutet Löwit (Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkpch. S. A. S. 104) die von Bizzozero (Virch. Arch. 99, 1885, S. 378) in secundären leukämischen Herden in Leber und Nieren gefundenen mitotischen Zellen und die des leukämischen Blutes überhaupt.

[10] W. Flemming: Zellsubstanz etc. S. 255.

Die Gründe, welche Löwit veranlassen, diese Trennung vorzunehmen, haben wir schon angeführt. Von unseren theilungsreifen ruhenden Zellen, zu welchen wir nun zurückkehren, haben wir früher schon hervorgehoben, dass sie weder mit dem Schema der Erythroblasten, noch mit dem der Leukocyten und Leukoblasten, welches von Löwit aufgestellt wurde, übereinstimmen. Da sie aber in indirecte Theilung übergehen, müssten sie dieser Erscheinung halber Löwit's Erythroblasten zugerechnet werden, umsomehr, weil man annehmen könnte, dass das von Löwit aufgestellte Erythroblastenschema nicht die Charaktere aller Stadien der Erythroblasten erschöpft. Nun finde ich aber, dass die von mir als theilungsreife ruhende Zellen bezeichneten Zellen in Bezug auf ihre Zellsubstanz und ihren Kern sich leicht von den einkernigen Leukocyten ableiten lassen (vgl. Taf. I, *c* und *d*; Taf. IV, Fig. 6 mit Fig. 1 und 2), also Übergänge von Leukocyten in die Erythroblastenreihe Löwit's vorstellen und sich nicht in die Entwicklungsstadien der Tochterzellen der kinetischen Reihe, die neuerdings in Theilung treten, einreihen lassen. Wir werden das sofort sehen, wenn wir das Schicksal der Tochterzellen besprechen.

G. Entwicklungsreihen der Tochterzellen.

Wir werden zur Aufstellung von vier solchen Entwicklungsreihen gelangen.

Erste Reihe. Die Tochterzellen entwickeln sich zu Erythrocyten. Wir befinden uns hier in Übereinstimmung mit Löwit.

Die kurz nach der erfolgten Theilung zur Beobachtung gelangenden Zellen zeigen an Trockenpräparaten des Milzsaftes, wenn sie tadellos fixirt wurden, einen Kern, dessen Structur einer Knäuelform entspricht (Fig. 15, Taf. II und 14, Taf. V). Der Zellleib ist bei mit Flemming'schem Gemische nach behandelten, mit Safranin tingirten Trockenpräparaten in dem den Karyokinesen zukommenden Farbentone gefärbt mit meist etwas dunklerer Randpartie. Im weiteren Verlaufe der Entwicklung ordnet sich die geformte Substanz des Kernes zu einem Netzwerke, in dem nunmehr auf's deutlichste ziemlich regelmässige netzartige Verbindungen der chromatischen Substanz sichtbar werden. Nucleolen fand ich nicht. Wohl aber sind in den Knotenpunkten des

Maschenwerks Verdickungen zu sehen, Pseudonucleolen. Die farblose Kerngrundsubstanz ist von einer deutlichen chromatischen Wandschichte begrenzt. Solche Bilder sind und zwar in fortschreitenden Entwicklungsstadien in Fig. 15 bis 19, Taf. V, dargestellt. Die Structur der Kerne dieser Zellen stimmt mit der von Löwit[1] beschriebenen Structur der Erythroblastenkerne überein und in der That lassen sich Zellformen von den beschriebenen an in allen Übergängen bis zur Gestaltung der fertigen Erythrocyten deutlich verfolgen. Der Zelleib wächst mehr und mehr in die Länge, auch der Kern nimmt eine mehr längliche Form an. Es treten Bilder auf, die mit den von Flemming[2] und Eberth[3] als „Jugendformen" rother Blutkörperchen gekennzeichneten Zellen übereinstimmen, deren Kern grösser ist als der der fertigen Erythrocyten (Gerlach[4], Phisalix[5]) und an deren Kern die Gerüststructur wegen der mehr lockeren Netzung leichter zu erkennen ist.

An mit Flemming'schem Gemische nachbehandelten und mit Safranin tingirten Trockenpräparaten verschwindet während dieser Übergänge allmählich der den karyomitotischen Zellen eigenthümliche Farbenton immer mehr und mehr, um der rein rothen Färbung der farbigen Blutkörperchen Platz zu machen. Auch an den mit Aurantia und Methylenblau doppeltgefärbten Trockenpräparaten geht in dieser Reihe von Zellen die grüne Färbung der Tochterzellen allmählich in die reine Aurantiafärbung der haemoglobinhältigen Erythrocyten über.

Der Kern der Jugendformen rother Blutkörperchen ist verglichen mit dem Kerne der ausgebildeten, wie gesagt, grösser, in dem kleineren Kern der entwickelten Erythrocyten ist wegen der grossen Dichte des Netzes des viel kleineren Kernes die Netz-

[1] M. Löwit: Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkpch. Taf. II, Fig. 53 und 54.

[2] W. Flemming: Arch. f. mikr. An. Bd. XVI, S. 311.

[3] C. J. Eberth: Über die Vermehrung der rothen Blutkörperchen. Nach Untersuchungen von Dr. W. Aly. Fortschr. d. Med. v. C. Friedländer, III. Jahrg., 1885, Nr. 1, S. 1.

[4] J. Gerlach: Handb. d. allgem. und spec. Gewebelehre d. menschl. Körpers. Wien, 1860, S. 45 und 57.

[5] C. Phisalix: Recherches sur l' anat. et la phys. de la rate chez les Ichtyopsidés, a. a. O. S. 413 und 414.

structur nicht so deutlich zu erkennen. Nach dem, was wir schon auf S. 270 über die entwickelten Erythrocyten gesagt haben, müssen wir in denselben das nicht mehr weiter entwicklungs- und theilungsfähige Endglied der Reihe sehen.

Zweite Reihe. Die Tochterzellen treten neuerdings in Karyokinese.

Die Zellen (Fig. 15, Taf. II, Fig. 14, Taf. V) vergrössern sich, während die Knäuelform des Kernes im allgemeinen nicht aufgegeben wird. Von den Zellen, wie sie in Fig. 20, Taf. V, dargestellt sind, bildet ein weiteres Stadium der Entwicklung die in Fig. 21 abgebildete Zelle. An dem Kerne derselben sieht man eine mit der Structur des Kernes in Fig. 2, Taf. II, schon nahe übereinstimmende Kernstructur. Zur selben Zellkategorie gehört auch Fig. 26, Taf. V. Diese Zelle stammt aus einem Schnitte der mit Flemming'scher Lösung behandelten Milz. Sie entbehrte jeder Spur von Blutfarbstoff.

An Tinctionspräparaten findet man eine achromatische Membran als Begrenzung des Kernes. Die Zellsubstanz erscheint, wenn die Präparate gleich behandelt wurden, wie die in der Tafel II abgebildeten Zellen, in einem bräunlichen Farbentone, wie derselbe in Fig. 2 und 3, Taf. II, zu sehen ist. Mit Methylenblau gefärbte Trockenpräparate zeigen die Zellen stark blau gefärbt. (Fig. 20, 21 und 26, Taf. V.) Mit Aurantia und Methylenblau doppeltgefärbte Präparate zeigen dieselben in dem dunkel blaugrünen Farbentone, wie er an den beiden Knäuelformen Fig. 7 und 8, Taf. IV, gesehen wurde. Nie erscheinen sie an den doppeltgefärbten Präparaten rein blau, was neben der ganz verschiedenen Anordnung der chromatischen Substanz der Kerne sie von den theilungsreifen, ruhenden Zellen (Fig. 1, Taf. II und Fig. 7, Taf. IV) gut trennen lässt. Die weiteren Stadien der Mitose sind mit den auf Taf. II, Fig. 2—15 und 7—17, Taf. IV, abgebildeten übereinstimmend.

Diese Reihe stimmt mit der von Löwit beschriebenen[1] und auf Taf. I, Fig. 11—30, abgebildeten ihrer Bedeutung nach überein. Aber Löwit lässt seine Reihe von Zellen ausgehen, deren Kern schon eine deutliche Netzstructur besitzen soll, während ich eine solche nur in der Reihe I beim Übergange von den eine

[1] M. Löwit: Über die Bildung rother und weisser Blutkpch.

Knäuelform des Kernes besitzenden Tochterzellen zu den Erythrocyten beobachtet habe. In der zweiten Reihe behalten die Kerne die Knäuelform bei, wenigstens zeigen sie niemals ein so deutliches Netzwerk, wie in den Fig. 15, 16, 17, 18, 19, Taf. V. Dass in der Darstellung Löwit's das Stadium des enggewundenen Knäuels fehlt, wurde bereits erwähnt.

Dritte Reihe. Die Tochterzellen werden zu Leukoblasten und wachsen wieder zu theilungsreifen Zellen heran. Die Tochterzellen werden zu ruhenden Zellen, also mit Gerüstform des Kernes, und die Zellsubstanz derselben zeigt nicht jene Differenzirung, welche bei der Entwicklung der Tochterzellen zu Erythrocyten auftritt, sondern sie erscheint an mit Safranin gefärbten Präparaten in dem schon beschriebenen braunen Tone. An Präparaten, die mit Methylenblau oder mit Aurantia und Methylenblau gefärbt wurden, erscheint sie tiefblau gefärbt. Dann bieten diese Zellen alle Eigenschaften dar, welche wir früher an den einkernigen weissen Blutkörperchen, den Leukoblasten Löwit's beschrieben haben (Fig. 1 und 2, Taf. IV). Mit Bezug auf den Ausgang, welchen die karyokinetische Reihe von den früher als theilungsreifen ruhenden Zellen beschriebenen Zellen nehmen kann, bedeutet diese Veränderung der Tochterzellen die Rückkehr derselben zur substanziellen Beschaffenheit des Zelleibes und der Kernstructur der Mutterzellen. Und diese einkernigen weissen Blutkörperchen, Leukoblasten Löwit's, wachsen wieder zu theilungsreifen ruhenden Zellen heran, von welchen die karyomitotische Reihe mit demselben verschiedenen Schicksale der Tochterzellen neuerdings ihren Ausgang nehmen kann.

Vierte Reihe. Diese Reihe ist für mich eine hypothetische geblieben. Sie wird aber seit langer Zeit als eine nothwendige fast allgemein angenommen. Es ist der Übergang der einkernigen weissen Blutkörperchen (Leukoblasten Löwit's) in die mehrkernigen Leukocyten. Ich verweise in dieser Beziehung auf Löwit.[1] Ich kann für die mehrkernigen Leukocyten auch keine andere Quelle entdecken, als die einkernigen, aber es ist mir nicht gelungen, in überzeugender Weise die Übergänge von den Kernen

[1] M. Löwit: Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkörperchen. Sep. Abdr. S. 57 ff.

der Leukoblasten zu den Kernfiguren der mehrkernigen oder polymorphkernigen Leukocyten zu verfolgen. Gegen die Annahme einer degenerativen Umwandlung habe ich früher Einiges bemerkt.

Aus der vorliegenden Darstellung ergibt sich, dass wir für die Entwicklung der geformten Elemente des Blutes des Frosches und Triton nicht zwei völlig getrennte Entwicklungsreihen annehmen können, sondern dass in einer bestimmten Art von Zellen der Ausgangspunkt sowohl für die rothen, als auch für die weissen Blutkörperchen gegeben ist, und damit ist auch nachgewiesen, dass die rothen Blutkörperchen Abkömmlinge der weissen sind, denn die Bildungsreihe der rothen nimmt ihren Ausgang von den aus Leukoblasten heranwachsenden theilungsreifen, ruhenden Zellen, die wir als weisse Blutkörperchen bezeichnen müssen. Dieselben Zellen produciren aber anderseits auch wieder Leukoblasten als Tochterzellen.

II. Warmblüter.

Das Blut und die blutbildenden Organe von Warmblütern (Meerschweinchen, Kaninchen, Hund, Maus, Schwein und Pferd, endlich vom Menschen) wurden in ähnlicher Weise untersucht wie beim Kaltblüter. Für die Härtung der Milz, der Lymphdrüsen, der Tonsillen wurde aber hier vorzugsweise nur das Flemming'sche Gemisch angewendet, weil an solchen Präparaten die Mitosen am schönsten hervortreten. Die Lymphdrüsen rührten vom Meerschweinchen, Kaninchen, Hund und Schwein her, vom Menschen konnten unmittelbar nach der Tonsillotomie eingelegte Tonsillen und das Blut von zwei Fällen von Leukämie, eine Lymphdrüse und Niere mit vielen kleinen leukämischen Herden eines dritten Falles untersucht werden. Das Knochenmark entnahm ich hauptsächlich den Rippen von Meerschweinchen, weil diese sich sehr gut dazu eignen. Ich legte an eben getödteten Thieren die Rippen rasch bloss, schnitt, bei den unteren Rippen beginnend, vom Sternum ausgehend, die Weichtheile von den Rippen weg und entfernte die Rippe so, dass am sternalen Ende noch ein Stück Knorpel blieb, der andere Schnitt nahe dem vertebralen Ende der Rippe sich befand. Übt man auf das sternale Ende der so entfernten Rippe mit einer Pincette einen Druck aus, so tritt am anderen Ende Mark in Form eines ausreichend grossen

Tropfens heraus. Diese Tropfen wurden zu Trockenpräparaten nach der früher beschriebenen Methode verarbeitet.

Im Folgenden sollen wieder die einzelnen Zellen des Blutes und der blutbildenden Organe der Reihe nach soviel als nothwendig besprochen werden. Von den Erythrocyten habe ich nur anzuführen, dass sie mit Aurantia in Trockenpräparaten sich intensiv färben (Taf. IV, Fig. 18) und dass sie bei der Anwendung von Methylenblau sich gegen diesen Farbstoff vollständig ablehnend verhalten. Sie sind „acidophil", d. h. sie färben sich mit allen „sauren" Farbstoffen im Sinne Ehrlich's intensiv, was ich anführe, weil später noch auf das Verhalten derselben zu Azoblau hingewiesen werden soll.

Die feingranulirten Leukocyten der Warmblüter zeigen bei der Vergleichung mit denen der Kaltblüter die grösste Übereinstimmung mit den letzteren. An mit Flemming'schem Gemisch behandelten und mit Safranin gefärbten Präparaten findet man denselben grauen Farbenton des Zellkörpers, wie er sich für die feingranulirten Leukocyten beim Frosch und Triton ergab. Die Kerne erscheinen, was ihre Zahl und Form betrifft (multinucleäre, polymorphe Kernfigur), ähnlich wie bei jenen Thieren. Die Kernstructur ist ebenfalls dieselbe wie bei den Kaltblütern. Sie ist wegen der Kleinheit der Kerne nicht mit derselben Leichtigkeit zu beobachten; an gut gelungenen Präparaten sieht man aber bei starken Vergrösserungen (Oelimm. Reichert $\frac{1}{20}$) das unregelmässige, feine, dichte Kernnetz mit den Verdickungen an den Knoten (Pseudonucleolen). Mit Methylenblau und mit Aurantia und Methylenblau gefärbt ergeben sie, dass die Zellsubstanz immer ungefärbt bleibt, während der Kern sich tief in Methylenblau färbt. Ebenso färbt sich der Kern in Azoblau.

In Bezug auf die Verschiedenheit der Kernfiguren, ihre Bedeutung und das Vorkommen nur eines runden Kernes, der aber nicht zur Verwechslung dieser Zellen mit einkernigen Leukocyten (Leukoblasten Löwit's) Veranlassung geben darf, verweisen wir auf das bei den Kaltblütern Gesagte.

Was die Zellsubstanz der grobgranulirten (eosinophilen— Ehrlich) Leukocyten anlangt, so verhält sich dieselbe wie bei den feingranulirten Leukocyten. Die Kerne sind ähnlich denen

der feingranulirten, aber weichen von denselben doch etwas ab, wie das schon bei den Kaltblütern angeführt wurde. Die Besonderheit dieser Zellen besteht eben in dem Gehalte an groben Körnern welche sich an reinen Trockenpräparaten, nicht aber an mit Flemming'schem Gemische nachbehandelten, in allen sauren Farbestoffen im Sinne Ehrlich's, besonders schön mit Eosin, ferner mit Azoblau färben.

Zu diesen Zellen gehören nach allen ihren Reactionen auch die Schmidt-Semmer'schen Körnerkugeln[1] des Pferdeblutes, von welchen schon Laker[2] angab, dass sie nur eine dem Pferdeblut eigene Art besonders entwickelter, grobgranulirter Leukocyten sind, und die schon Schwarze[3] als die eosinophilen Zellen des Pferdeblutes bezeichnete. Ich erhielt dieselben aus frischem Pferdeblut, welches vorher defibrinirt wurde, in grosser Menge und konnte die schönste Eosinfärbung ihrer Granula beobachten Besonders möchte ich aber auch ihr Verhalten zu Azoblau[4] (starke wässerige Lösung) hervorheben. Mit dieser sauren Farbe im Sinne Ehrlich's färben sich die Granula schön gelbroth, die Kerne dagegen blau ins violett (Fig. 19, Taf. IV, welche eine also gefärbte Körnerkugel, umgeben von drei rothen Blutkörperchen, darstellt).

Bei der letzteren Färbung ist die Verschiedenheit der Färbung der Granula der Leukocyten von der Färbung der rothen Blutkörperchen sehr bemerkenswerth, da sie gegen die Annahme spricht, dass die Körner der Körnerkugeln haemoglobinhältige Gebilde sind.

Die Anschauung von Norris[5], dass die Schmidt-Semmer'schen Körnerkugeln Kunstproducte sind, hervor-

---

[1] A. Schmidt: Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. IX, 1874, S. 353; G. Semmer: Über die Faserstoffbildung im Amphibien- und Vogelblut und die Entstehung der rothen Blutkörp. der Säugethiere. In Diss. Dorpat 1874.

[2] C. Laker: Beobachtungen an den geformten Bestandtheilen des Blutes. Diese Sitzungsbe. XCIII, III. Abth. Märzh. 1886.

[3] G. Schwarze a. a. O. S. 40.

[4] S.: H. Griesbach: Weitere Untersuchungen über Azofarbstoffe behufs Tinction menschl. und thier. Gewebe. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie. Bd. III, 1886, (S. 358) S. 366.

[5] R. Norris: The phys. and path. of the blood. Pars III, The granule sphere. p. 20 ff.

gegangen durch das Zusammentreten von Körnern zerfallender Zwischenformen, seiner invisible (colourless) disc zu den coloured red corpuscles, die keinen Kern in sich enthalten sollen, halte ich für ganz unbegründet. Erst aus dem Zerfall der Körnerkugeln können kernlose Massen hervorgehen, in welchen noch eine Anzahl von Granulis zusammengehalten werden, die Körnerhaufen Slevogt's[1].

Dass die Granula der Körnerkugeln mit den Blutplättchen von Hayem und Bizzozero nichts gemein haben, hat schon Laker[2] gezeigt.

Wir haben früher bei den kaltblütigen Thieren hervorgehoben, dass die Kerne der einkernigen Leukocyten sehr empfindlich gegen verschiedene Behandlungsweisen sind; dasselbe gilt von den einkernigen Leukocyten beim Warmblüter.

An Trockenpräparaten zeigen die Kerne eine fädige Gerüststructur,[3] während an Schnitten von Präparaten, die in Flemming'schem Gemische gelegen waren, an Stelle des Gerüstes kleinere und grössere Haufen und Klumpen stark gefärbter chromatischer Substanz erscheinen. Ein dünner Contour umfasst die Kerne, und stellenweise lagern sich an denselben Chromatinklumpen an, welche von derselben Beschaffenheit sind wie die im Kerninnern. Diese Chromatinmassen erscheinen höchst unregelmässig, kuglig, gezackt oder strang- und bandförmig, hie und da durch bald dünnere, bald dickere Brücken verbunden. Diese Verschiedenheit der Kerne an Trockenpräparaten und an gehärteten Präparaten führt zu der Annahme, dass die an den Kernen in den letzteren Präparaten sichtbaren Verhältnisse nicht die ursprünglichen sind. Die wahrscheinlichen Ursachen wurden gelegentlich der gleichen Zellen beim Kaltblüter am entsprechenden Orte bereits angegeben.

Mit Methylenblau färbt sich die Zellsubstanz der einkernigen Leukocyten blau, wie bei den gleichen Zellen der Kaltblüter und dieselbe Färbung nehmen sie auch bei der Behandlung der Prä-

---

1 F. Slevogt: Über die im Blute der Säugethiere vorkommenden Körnchenbildungen. In. Diss. Dorpat. 1883.

2 C. Laker: l. r.

3 M. Löwit: Über die Bildung rother und weisser Blutkpch. S. A. S. 6 und 36.

parate mit Aurantia und Methylenblau an. Was die Mitosen betrifft, so habe ich alle einzelnen Phasen der Karyokinese, welche ich bei den kaltblütigen Thieren beobachtet habe, auch bei den warmblütigen Thieren wiedergefunden. Es spricht wohl sehr zu Gunsten der Trockenmethode, dass bei ihr die im Vergleich mit den Verhältnissen bei den Kaltblütern viel kleineren Kerntheilungsfiguren ausgezeichnet deutlich erkennbar erhalten sind.

An Trockenpräparaten, die mit Flemming'schem Gemische nachbehandelt und mit Safranin gefärbt wurden, sind enge und lockere Knäuelformen[1] in Zellen von der Grösse der übrigen kinetischen Zellen deutlich zu beobachten. An den lockeren Knäueln sieht man einen scheinbar unterbrechungslosen Faden, gleichmässig im Kerne angeordnet. Die Kerngrundsubstanz ist vollständig farblos und gegen die Zellsubstanz durch eine dünne achromatische Hülle abgegrenzt.

Bei dem engen Knäuel erscheint ein dünnfaseriger Knäuel in farbloser Grundsubstanz in dichten Windungen. Die Zellsubstanz erscheint in beiden Knäuelstadien ähnlich wie bei den gleichen Zellen der kaltblütigen Thiere in einem bräunlichen Farbentone, der für sie geradezu charakteristisch erscheint. Schliessen wir nun hieran die weiteren Stadien der Mitose, so zeigt sich wieder das Verschwinden dieses braunen Farbentones und der Übergang dieses in einen röthlichen. Auch hier ergibt die Doppelfärbung mit Aurantia und Methylenblau ähnliche Resultate wie bei den Kaltblütern, Fig. 21—25, Taf. IV, in welchen Fig. 21 dem engen Knäuelstadium mit noch stark blaugrün gefärbter Zellsubstanz und dem hellen Kernhof, Fig. 22 dem lockeren Knäuelstadium, mit der schon mehr grün gefärbten Zellsubstanz, Fig. 23 einer Kranzform, Fig. 24 einer Knäuelform der Tochterkerne, Fig. 25 einer Tochterzelle mit grüner Zellsubstanz[2] entsprechen.

---

[1] Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Figuren 40 und 41, Taf. II, der ersten Mittheilung Löwit's (Über die Bildung rother und weisser Blutkpch.), die Löwit in der Erklärung der Abbildungen als haemoglobinfreie Bildungszellen, enggewundene und lockere Knäuelform bezeichnet, mit den in Rede stehenden Zellen sich decken.

[2] Die Beobachtung, dass auch die schon mehr oder weniger haemoglobinhältigen Jugendformen rother Blutzellen bei Doppelfärbung mit Aurantia und Methylenblau einen grünlichen Stich zeigen, gegenüber den rein gelb

Diese Bilder rühren von einem Präparate aus dem rothen Knochenmarke vom Meerschweinchen her.

Am Schlusse dieses Abschnittes möchte ich die Bemerkung einflechten, dass ich auch an Trockenpräparaten leukämischen Blutes, welches durch kleine Einstiche der Haut des Fingers der Kranken entnommen wurde, und in derselben Weise behandelt war, wie die früheren Präparate, Kerntheilungsfiguren, aber nur sehr selten[1] beobachtete und zwar in allen Phasen des karyokinetischen Vorganges. Natürlich muss man sich dabei hüten, die ungemein wechselvollen Bilder scharf tingirter[2] Kernfiguren der polymorphkernigen Leukocyten mit karyokinetischen Figuren zu verwechseln[3], was bei einer sorgfältigen Prüfung der fraglichen Zellen auf Kernfiguren und Zellsubstanz allein möglich ist.

Von Organen Leukämischer konnte eine Lymphdrüse und eine Niere, welche viele kleine leukämische Knötchen enthielt, untersucht werden. Kleine Stücke der genannten Organe wurden (Section einen Tag nach dem Tode) in Flemming'sches Gemisch gelegt, verblieben darin 24 Stunden, wurden vier Tage gewaschen und in Alkohol kurz nachgehärtet. Die Schnitte wurden zwei Tage lang in conc. wässriger Lösung von Safranin tingirt. Die Mitosen der (weissen) Blutzellen waren über Erwarten schön erhalten. Das Flemming'sche Gemisch ist schon deswegen von unerreichter Wirkung, weil die Mitosen durch ihre intensive Färbung scharf aus dem Schnitte hervortreten.

Sehr zahlreiche Mitosen enthielt die Lymphdrüse. In der Niere fand ich eine geringe Anzahl. In den grossen Knoten waren nur ausnahmsweise Zelltheilungen sichtbar. Die meisten befanden

---

tingirten Erythrocyten ist deswegen nicht ohne Interesse, weil auch Ehrlich und Spilling bei ihren tinctorialen Untersuchungen leukaemischen Blutes an den kernhältigen, rothen Blutkörperchen eine Beimischung eines den fertigen rothen Blutkörperchen nicht zukommenden Farbentones beobachteten (E. Spilling l. c. S. 26), eine Beobachtung, die mit der bei der hier angewendeten Doppelfärbung gemachten gut in Einklang steht.

[1] Vgl. W. Flemming: Arch. f. mikr. An. Bd. XX, 1882, S. 58.

[2] M. Einhorn: l. c. S. 7; E. Spilling: l. c. S. 25, 27, 28, 29.

[3] Vgl. A. Bockendahl: Über die Regeneration des Trachealepithels. Arch. f. mikr. An., XXIV, (S. 361) S. 366.

sich zerstreut in den Lymphspalten der Niere mitten unter anderen leukocytären Zellen.

Wir kommen nach dieser Einschaltung jetzt zu jenen Zellen, welche den theilungsreifen Mutterzellen des Kaltblüters entprechen. In Trockenpräparaten des Milzsaftes und des Knochenmarkes von Warmblütern findet man Zellen, welche in Bezug auf die Grösse ihres Kernes und in Bezug auf das Verhalten ihrer Zellsubstanz bei der Safraninfärbung und bei der Färbung mit Methylenblau und Aurantia (Taf. IV, Fig. 20) sich zunächst dem enggewundenen Knäuelstadium anschliessen. Wir haben sie in ähnlicher Weise in der Milz der Kaltblüter kennen gelernt und dort als theilungsreife Ruhende gedeutet. Wir müssen ihnen bei den Warmblütern dieselbe Stellung anweisen.

Das Innere des Kernes dieser Zellen ist von einem System grossentheils zusammenhangloser, ungleichmässig dicker, chromatischer Fasern durchzogen, der Kern ist nicht, wie bei den Knäuelformen, von einem zusammenhängenden, hellen Hof umgeben, nur an einzelnen Stellen der Peripherie des Kernes treten helle Säume auf, welche aber nach kurzem Verlaufe wieder endigen. Sie enthalten Nucleolen. In Bezug auf die daraus zu ziehenden Schlüsse verweisen wir auf das beim Kaltblüter Gesagte.

Nach den mitgetheilten Beobachtungen an warmblütigen Thieren komme ich zu demselben Schlusse wie bei den Kaltblütern.

Es existiren nicht zwei völlig getrennte Reihen von Blutzellen, sondern es lässt sich ein gemeinsamer Ausgangspunkt für die Leukocyten und Erythrocyten nachweisen. Die Verfolgung der Leukoblasten und Erythroblasten im Sinne Löwit's lässt ein Bindeglied erkennen. Die als die theilungsreifen, ruhenden gekennzeichneten Zellen, welche durch die Beschaffenheit ihrer Zellsubstanz und den Bau ihres Kernes als zur Reihe der leukocytären Zellen gehörend sich ausweisen, können in Vorstufen rother Blutzellen (Löwit's Erythroblasten) sich umsetzen, bilden also das Bindeglied der Leukoblasten- und Erythroblastenreihe.

Die different entwickelten zelligen Elemente des Blutes, nämlich die Erythrocyten und die polymorph-kernigen Leukocyten haben dieselben Mutterzellen. Die aus dem Ruhestadium dieser Mutterzellen durch karyomitotische Theilung hervorgehenden (farblosen) Tochterzellen verwandeln sich:

1. Unter Auftreten einer bestimmten Netzstructur des Kernes, Aufnahme von Haemoglobin (kernhaltige Rothe) und allmähligen Schwund [1] des Kerns in Erythrocyten.
2. Die Tochterzellen treten neuerdings in Karyokinese, und entwickeln wieder kernhaltige Rothe und schliesslich Kernlose.
3. Die Tochterzellen werden zu ruhenden, den Mutterzellen ähnlichen Zellen (Leukoblasten), einkernigen Leukocyten, welche wieder zu den Mutterzellen (den theilungsreifen, ruhenden) heranwachsen können.
4. Es muss angenommen werden, dass einkernige weisse Blutkörperchen unter eigenthümlicher Umstaltung ihrer Kerne und eigenthümlicher Differenzirung ihrer Zellsubstanz in polymorph-kernige Leukocyten sich umwandeln.

Dass die karyomitotische Zelltheilung der weissen Blutkörperchen schon durch mehrere Untersuchungen höchst wahrscheinlich gemacht wurde, wurde bereits früher angeführt. Es sind dies namentlich die Beobachtungen von Flemming, Drews, Möbius, Paulsen und Schedel betreffs der im gesammten lymphadenoiden Gewebe vorfindlichen Theilungen auf dem Wege der Karyomitose. Wenn nun auch nachgewiesen ist, dass die farbigen Blutkörperchen aus derartigen farblosen Zellen durch deren karyokinetische Theilung sich regeneriren, so kann ebensowenig abgewiesen werden, dass dieselben Zellen auch mit der Regeneration der Weissen in Zusammenhang zu bringen sind, so dass also thatsächlich die Entscheidung sehr schwer,[2] wo nicht unmöglich sein wird, „ob eine freie Zelle, die man irgendwo in Theilung trifft, eine solche Vorstufe (der Rothen) ist oder ein Leukocyt“ (Flemming)[3]. Hier dürfte es wohl am Platze sein, neben den Beobachtungen von Bizzozero[4] die

[1] Vgl. W. Pfitzner: Virch. Arch. 103, 1886, S. 291. — M. Löwit Die Umwandlung der Erythroblasten in rothe Blutkörperchen. S. A. S. 26.

[2] Vgl. W. Pfitzner: Arch. f. mikr. An. XX, 1882, S. 138.

[3] W. Flemming: Arch. f. mikr. Anat. Bd. 24, S. 74.

[4] Bizzozero: Über die Natur der secundären leukämischen Bildungen. Virch. Arch. Bd. 99, 1885, S. 378.

schon berührten Funde Sattler's[1] anzuführen, welcher in den lymphoiden Zellen der Trachomkörner „gar nicht selten die schönsten Kerntheilungsfiguren in den verschiedensten Phasen des Vorganges" sehen konnte. In Trachomkörnern dürften wohl diese Zelltheilungen kaum der Neubildung rother Blutkörperchen dienen.

Denys[2] findet zwar im ruhenden Zustande die Erythroblasten und die Leukoblasten vollkommen durch ihren Kernbau getrennt. Denys hat aber in Leukoblasten Kinese angetroffen. Es muss also jedenfalls bei dem Übergange der Leukoblastenkerne aus dem état nucléolé der Ruhe zur forme pelotonnée (Knäuelform der Karyokinese) ein Zwischenstadium vorhanden sein, welches die chromatische Substanz zu einer mehr fädigen Structur sammelt. Es wäre, selbst wenn man einen Bau der Erythroblastenkerne, wie ihn die Untersuchungsmethoden Löwit's und Denys' zur Anschauung bringen, annehmen würde, nicht auszuschliessen, dass Kerne, deren Chromatin grösstentheils in Form von Klumpen und Strängen angeordnet ist, sich in eine Knäuelform, also ein Stadium der karyokinetischen Theilung, umwandeln könnten.

Etwas Ähnliches geschieht eben, wenn die früher charakterisirten theilungsreifen Mutterzellen in die Knäuelform übergehen.

Wir müssen noch auf eine Bemerkung Löwit's eingehen. Löwit findet, dass die Erythroblasten und die Leukoblasten auch durch die Beschaffenheit ihrer Zellsubstanz sich unterscheiden. Während den Leukoblasten die Fähigkeit der amöboiden Bewegung und der Aufnahme von Fremdkörpern in den Zelleib zukommen soll, konnte Löwit bei den Erythroblasten weder amöboide Bewegung noch die Aufnahme von Farbstoffpartikelchen wahrnehmen.[3] Denys hingegen will einmal sehr deutlich amöboide Bewegungen der Erythroblasten beobachtet haben, wenn auch viel geringer als bei den Leukoblasten; nach dieser

---

[1] Sattler: Über die Natur des Trachoms und einiger anderer Bindehautkrankheiten. Ber. über d. 13. Vers. d. opthalm. Ges. Heidelberg 1881. Beilageheft z. d. klin. Monatsblättern f. Augenheilkunde. XIX. Jahrg., 1881, S. 18.

[2] J. Denys, a. a. O.

[3] M. Löwit: Über Neubildung und Zerfall weisser Blutkpch. Sep. Abd. S. 47 ff.

Beobachtung hält er es auch nicht für bewiesen, dass diesen Zellen die Fähigkeit, Fremdkörper aufzunehmen, fehle.[1] Norris wiederum kann die primary lymph corpuscles (entsprechend sowohl den Erythroblasten wie den Leukoblasten) dadurch von den white blood corpuscles trennen, dass die primary lymph corpuscles nie amöboide Bewegungen zeigen.[2] An dieser Stelle soll noch an die Beobachtungen Max Schultze's erinnert werden, nach welchen die kleinsten Formen der Leukocyten des menschlichen Blutes auf dem warmen Objecttische keine Bewegungen oder Gestaltveränderungen zeigen.[3]

Die Erfahrungen, welche über die chemische Beschaffenheit der einzelnen bei der Blutbildung in Betracht kommenden Zellen gewonnen werden konnten, zeigten eine Verschiedenheit der Zellsubstanz der einkernigen weissen Blutkörperchen und der zu rothen Blutkörperchen sich entwickelnden Tochterzellen, was mit den Angaben Löwit's über die Verschiedenheit der Leukoblasten und der Erythroblasten in Übereinstimmung wäre.

Es könnte nicht befremden, dass mit der Änderung in der Substanz des Zelleibes auch Änderungen in der Art der Lebensäusserungen der Zelle vor sich gehen. Einen einfachen Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung erbringt das verschiedene Verhalten der Leukocyten selbst in Bezug auf die Äusserung der amöboiden Bewegung, eine Erscheinung, welche die Untersuchungen Max Schultze's kennen gelehrt haben. Anders nehmen sich die Bewegungen der einkernigen, anders die der fein- und grobgranulirten Leukocyten des menschlichen Blutes aus. An den kleinsten Formen konnte Max Schultze weder Bewegungen noch Gestaltveränderungen wahrnehmen. Es ist also ersichtlich, dass die Contractilität der Leukocyten von der stofflichen Beschaffenheit der Zellkörper abhängt. Die chemischen Differenzen der Zellsubstanz, welche, wie früher gezeigt, thatsächlich vorhanden sind, würden die verschiedene Fähigkeit

---

[1] J. Denys: l. c. S. 223 u. 235; vgl. J. C. Eberth: Über die Vermehrung der rothen Blutkörperchen. Fortschr. d. Med. v. C. Friedländer, III. Jahrg. 1885, Nr. 1, S. 1 (S. 4).

[2] R. Norris: The phys. and path. of the blood. p. 124.

[3] M. Schultze: Arch. f. mikr. Anat. Bd. I, S. 11.

der einzelnen Leukocytenformen zu amöboiden Bewegungen erklären, eben so vielleicht den Mangel der Contractilität der Erythroblasten nach den Angaben Löwit's. Aber alle diese Zellformen brauchten, weil ihre Zellsubstanz eine verschiedene chemische Zusammensetzung besitzt, nicht auch durch ihre Herkunft verschiedene Zellen zu sein. — Sehr hervorgehoben muss die Thatsache werden, dass die als Erythroblasten im Sinne Löwit's zu bezeichnenden Zellen in allen verschiedenen Blutbildungsstätten (Milz, Knochenmark, Lymphdrüsen) morphologisch vollständig[1] übereinstimmen.[2]

Da nach den vorliegenden Untersuchungen sowohl für die Bildung der Erythrocyten als auch für die der Leukocyten nur der Vorgang der indirecten Zelltheilung gefunden werden konnte, ist die Erörterung des Vorkommens eines anderen Vorganges der Zellenneubildung bei den Leukocyten von nebensächlicher Bedeutung. Bekanntlich beschreiben eine directe Theilung von Leukocyten Bizzozero[3], Ranvier[4], Stricker[5], Klein[6], Fuchs[7] und Löwit[8].

Eine grosse Verbreitung kann die directe Theilung im Vergleiche mit der karyomitotischen wohl nicht haben. Die Möglichkeit der directen Theilung müssen wir jedoch mit Hinblick auf die genannten Beobachtungen noch offen halten.[9] Arnold erhebt

---

1 M. Löwit: Die Umwandlung der Erythroblasten in rothe Blutkpch. S. A. S. 2.

2 Vgl. O. Möbius: Zellvermehrung in der Milz beim Erwachsenen Arch. f. mikr. An. Bd. 24, S. 342.

3 Bizzozero (nach Virch. Arch. Bd. 95, 1884: Über die Bildung der rothen Blutkörperchen): Sul processo di cicatrizzazione dei tendini tagliati. Annali univ. di medic. 1868. — Sul midollo delle ossa. Napoli 1869, p. 7.

4 L. Rauvier: Traité techn. p. 161.

5 S. Stricker: Vorlesungen über allgem. u. experim. Pathologie. Wien 1877, S. 289.

6 Klein: Ctrbl. f. d. med. Wiss. 1870, Nr. 2.

7 E. Fuchs: Beitrag zur Kenntnis des Froschblutes und der Froschlymphe. Virch. Arch. 71, 1877, (S. 78) S. 79.

8 M. Löwit: Über die Bildung rother und weisser Blutkpch. Sep. Abdr. S. 14, Taf. I, Fig. 9.

9 Wichtig wäre aber der Entscheid, ob die directen Theilungen an den einkernigen oder den mehrkernigen Leukocyten sich abspielen.

den Einwand, dass der Befund von Mitosen im Blute, in der Lymphe und in den lymphatischen Organen nicht als zwingender Beweis dafür angesehen werden könne, „dass die Lymphocyten gewöhnlich nach diesem Typus sich theilen, noch weniger aber dafür, dass sie ausschliesslich nach demselben sich vermehren.“ Wir geben auch zu, dass Rückschlüsse von diesen Zellen auf Wanderzellen oder umgekehrt nicht ohne weiteres zulässig sind; schon deshalb, weil die Identität der Wanderzellen und der ausgewanderten weissen Blutkörper oder Lymphkörper nicht immer eine ausgemachte ist, vielmehr mannigfache Anhaltspunkte für die Möglichkeit der Abstammung solcher Wanderzellen von mobil gewordenen fixen Zellen, beziehungsweise deren Theilungsproducten vorliegen.[1]

Die grosse Menge der Mitosen in den lymphatischen Organen scheint uns aber doch die Annahme zu rechtfertigen, dass die Zellvermehrung der weissen Blutkörperchen durch Mitose die für die Blutbildungsstätten normale und typische darstellt.

Dass andere Theilungsmodi, sei es durch einfache Abschnürung oder durch indirecte Fragmentirung (nach Arnold) ausserhalb[2] der Blutbildungsstätten an leukocytären Zellen vorkommen, müsste nach den Untersuchungen Arnold's immerhin noch angenommen werden.

Von Bildern, welche der Leukoblastentheilung Löwit' (divisio indirecta per granula) entsprochen hätten, habe ich mich an Schnitt- und an Trockenpräparaten nicht überzeugen können. Ich kann aber die Darstellung dieser Theilung nach Löwit auch deshalb nicht acceptiren, weil ich betreffs der Structur der Kerne der weissen Blutkörperchen zu einer Anschauung gelangt bin, welche mit der Löwit's nicht übereinstimmt.

---

[1] J. Arnold: Arch. f. mikr. An. Bd. XXX, S. 270 und 289.

[2] Vgl. W. Pfitzner: Zur path. Anat. d. Zellkernes. Virch. Arch. 103, 1886, S. 275 (292).

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I. Schnitt von der Milz des Triton (Chromsäure, Safranin).

a: rothes Blutkörperchen. *b*: junges, rothes Blutkörperchen. *c*: weisses Blutkörperchen (theilungsreife Mutterzelle). *d*: weisses Blutkörperchen. *e*: Mitose, durch den Schnitt getroffen. *f*: Sternform (gequollen). *i*, *o*, *g*: Kranzform; *g*: Übergang zur Sternform *k*, *l*, *p*, *n*. — *q*, *r*, *h*, *m*: Tochtersterne; *m* verquollen. In einigen Mitosen der Deutlichkeit halber Schleifen ausgelassen. Gez. bei Reichert's homog. Imm. $^1/_{15}$.

Taf. II. Karyokinetische Blutzellen aus der Milz des Frosches. Trockenpräparat, erhitzt, Flemming'sches Gem., Safranin.

1: Theilungsreife ruhende (weisse) Blutzelle. 2 u. 3: Knäuelphasen. 4, 5: Übergänge zu 6, 7: Kranzform. 8: Sternform. 9, 10, 11: Übergänge zu 12: Metakinese. 13: Tochtersterne. 14: Tochterknäuel. 15: Tochterzellen.

Taf. III. Aus der Milz vom Triton und Frosche.

1, 3: Theilungsreife ruhende (weisse) Blutzellen vom Triton und Frosche. Trockenpräp., Flemming'sches Gem., Safranin. 2: Enger Knäuel (vom Frosche); unten im Kerne Nucleolusrest. Trockenpräp. 4: Segmentirter Mutterknäuel (Triton) Trockenpräp., Chromsäure, Goldchlorid. 5: Dichter Knäuel nach Rabl. Triton; Chromsäure, Safranin (Schnitt). 6, 7: (Triton, Trockenpräp., Flemming'sches Gem., Safranin) Übergänge zu 8 (Trockenpräp.) und 9 (Schnitt): Kranzformen. 10: Sternform des Mutterkernes (Schnitt, Triton; Flemming'sches Gem., Safranin). 11: Sternform des Mutterkerns, von der Seite gesehen. (Schnitt, Triton: Chromsäure, Safranin). 12: Übergang (Schnitt, Triton; Flemming'sches Gem., Safranin; Zelleib konnte nicht sicher abgegrenzt werden) zu 13: Metakinese. (Trockenpräp., Frosch; Flemming'sches Gem., Safranin). 14, 15: Tochtersterne (Trockenpräp., Triton; Chromsäure, Goldchlorid). 16: Tochterknäuel (Trockenpräp., Triton; Chromsäure, Goldchlorid).

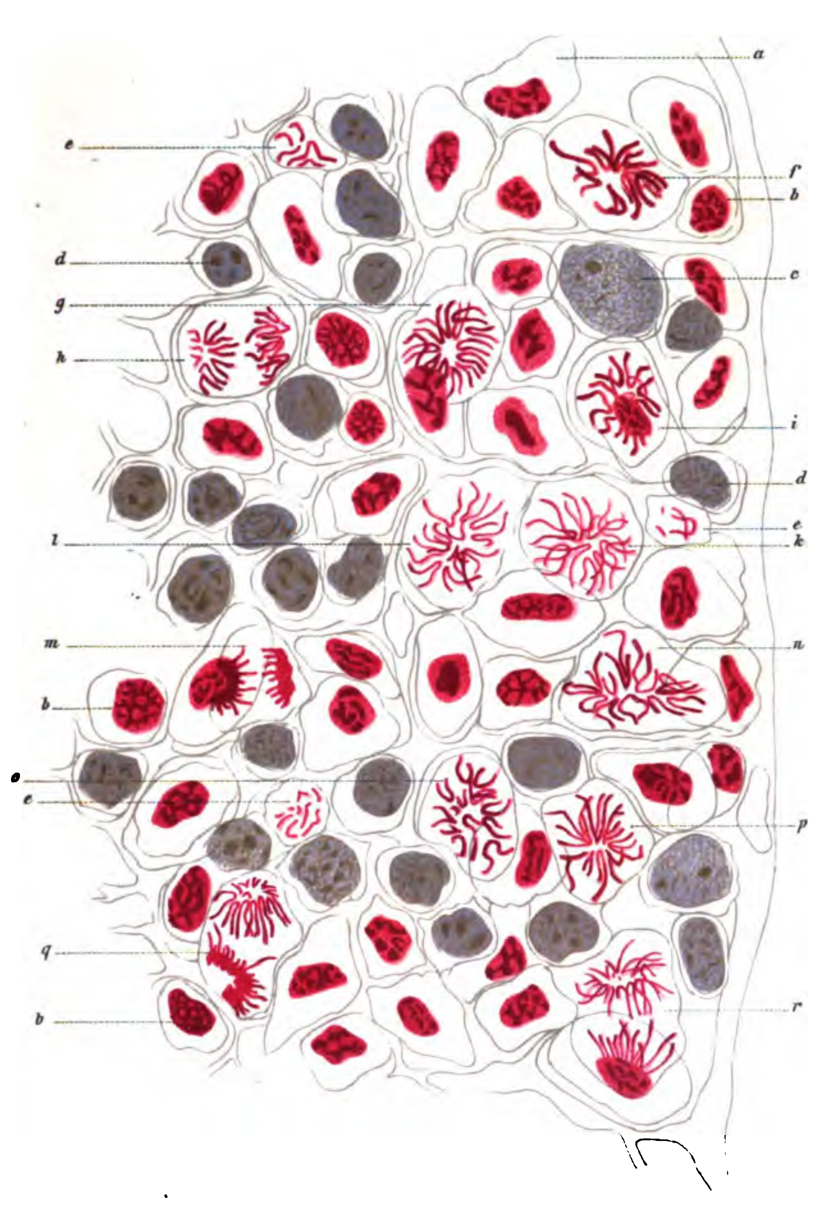
Taf. IV.

1, 2: Einkernige Leukocyten aus der Milz vom Frosche. (Trockenpräp., welches mit Aurantia und Methylenblau gefärbt wurde.) 3: Eosinophile Zelle; Milz vom Frosche. Trockenpräp., Eosinglycerin. 4: Mastzelle aus leukämischem Blute. Trockenpräp.

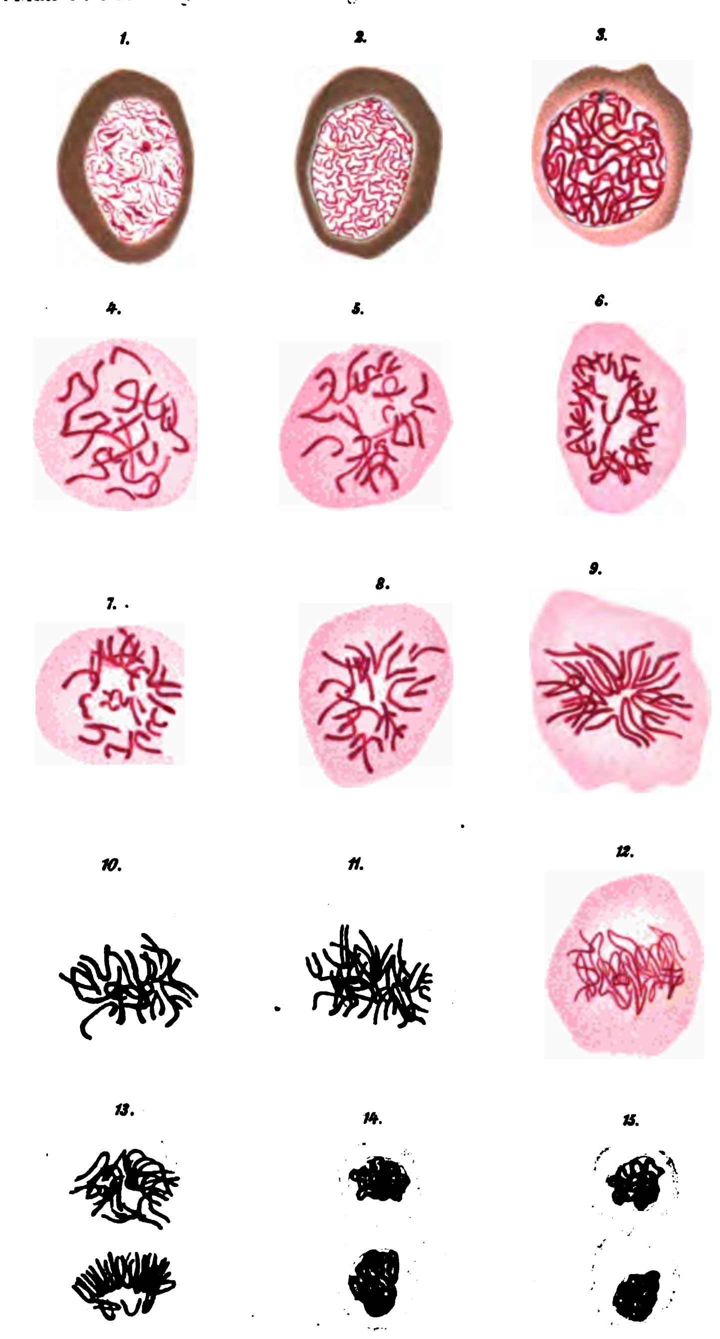
Dahlia. 5: Erythrocyt. 6: Theilungsreife weisse Blutzelle. 7: Stadium des enggewundenen Knäuels. 8: Stadium des lockeren Knäuels. 9: Kranzform. 10: Sternform. 11: Metakinese. 12: Tochtersterne. 13. 14,: Tochterknäuel. 15. 16. 17: Tochterzellen. (5—17 aus Trockenpräp. d. Milzsaftes v. Frosche: Aurantia-Methylenblaufärbung). 18: Erythrocyt. Rothes Knochenmark vom Meerschweinchen, Trockenpräp.: Aurantia-Methylenblaufärbung. 19: Schmidt-Semmer'sche Körnerkugel des Pferdeblutes. Trockenpräp., Azoblau. 20: Theilungsreife wesse Blutzelle. 21: Enger Knäuel. 22: Lockerer Knäuel. 23: Kranzform. 24 Tochterknäuel. 25: Tochterzelle. 20—25: Rothes Knochenmark vom Meerschweinchen, Trockenpräp., Aurantia-Methylenblaufärbung.)

Taf. V.

1—12: Quellende Erythrocyten aus Trockenpräparaten. 13: Erythrocyt; Milz vom Triton; Chromsäure, Schnitt, Safranin. 14: Tochterzelle (Milzsaft vom Triton. Trockenpräp., Flemming'sches Gemisch, Safranin) kurz nach der Theilung. 15, 16, 17, 18, 19: Trockenpräp. Übergänge zu den rothen Blutkörperchen. 20, 21, 26: in Theilung tretende Tochterzellen (Frosch). 20, 21: Trockenpräp. 26: aus einem Schnitte einer mit Flemming'scher Lösung behandelten Milz. 22, 23, 24, 25, 27: Einkernige Leukocyten der Milz (vom Frosche und Triton); Flemming'sches Gemisch. Schnitt. 28, 29, 30, 31, 39: Feingranulirte Leukocyten vom Frosche und Triton. (28, 29 gez. bei Reichert's hom. Imm. $^1/_{20}$.) 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40: Spindelzellen von v. Recklinghausen (37 gezeichn. bei Reichert's hom. Imm. $^1/_{20}$). Aus Trockenpräp.



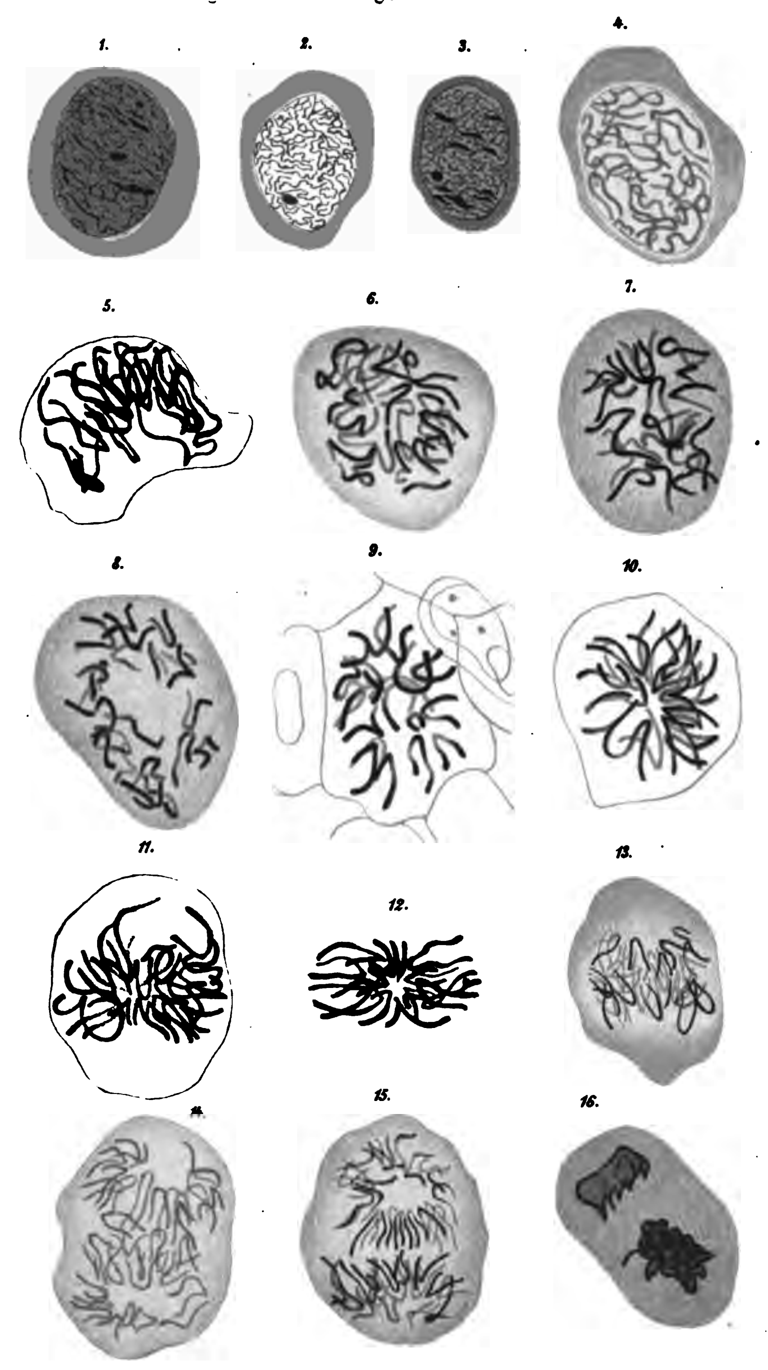
Autor delin. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien VII. Bez.



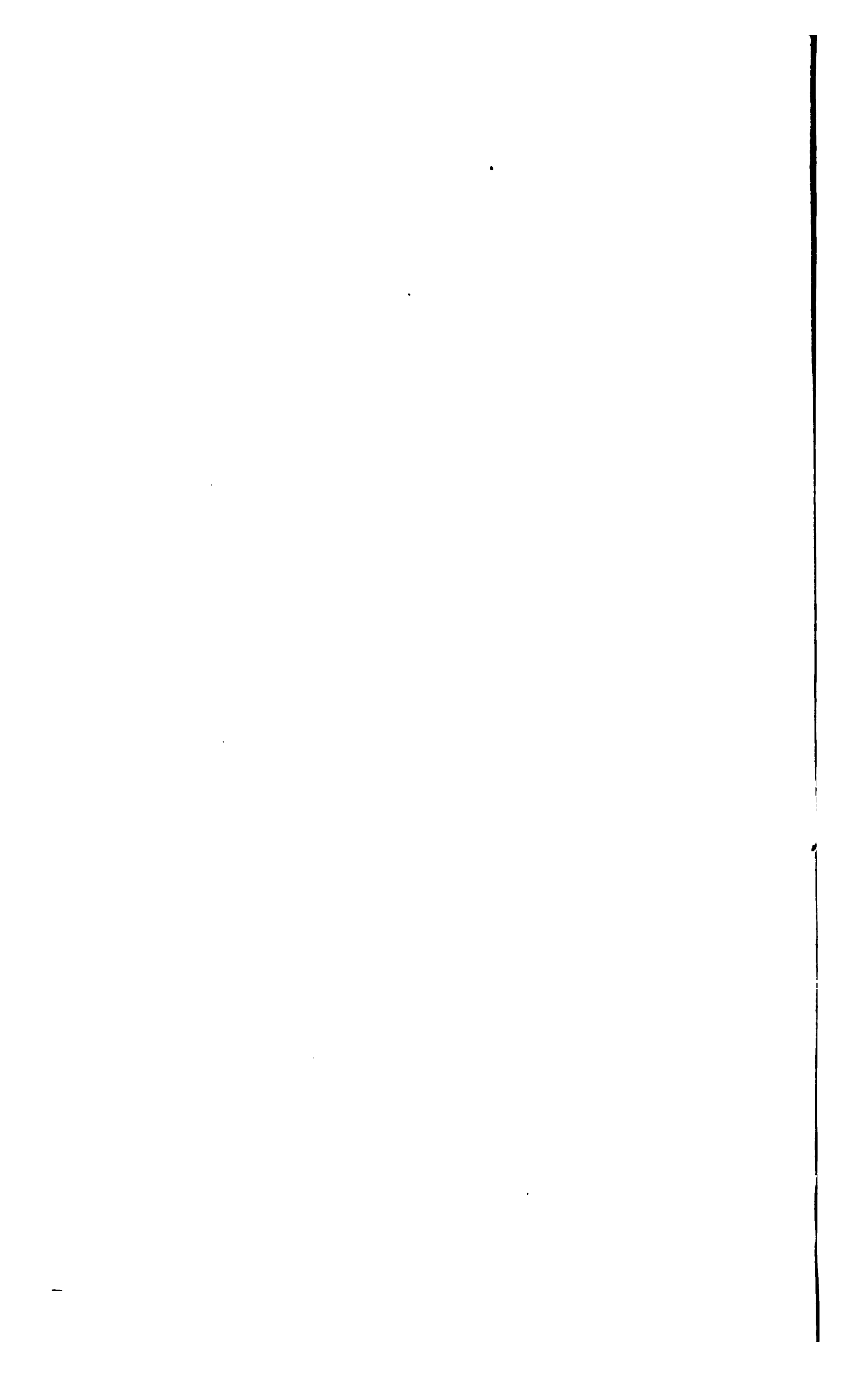
Autor delin. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien, VII. Bez.

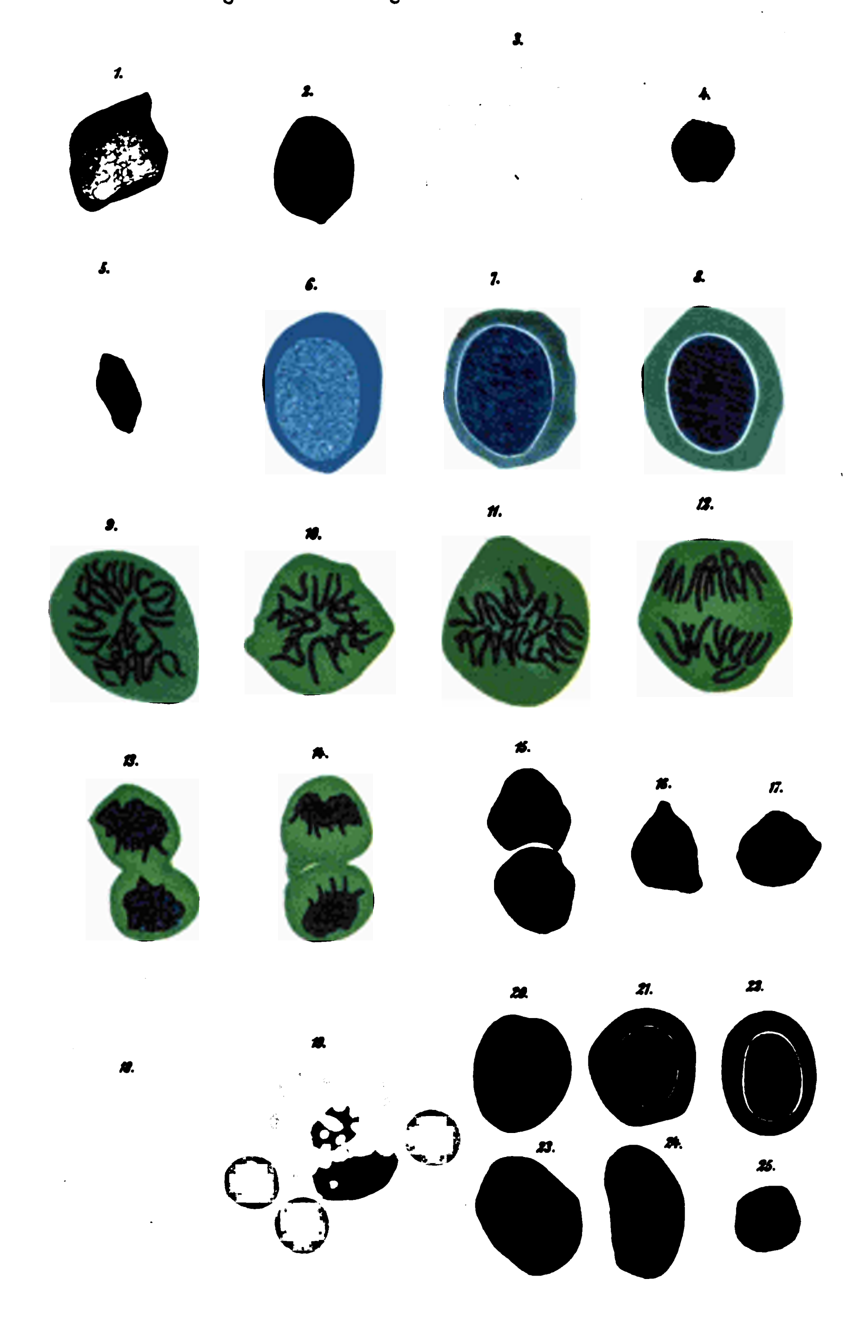


H. F. Müller: Zur Frage der Blutbildung. Taf. III.

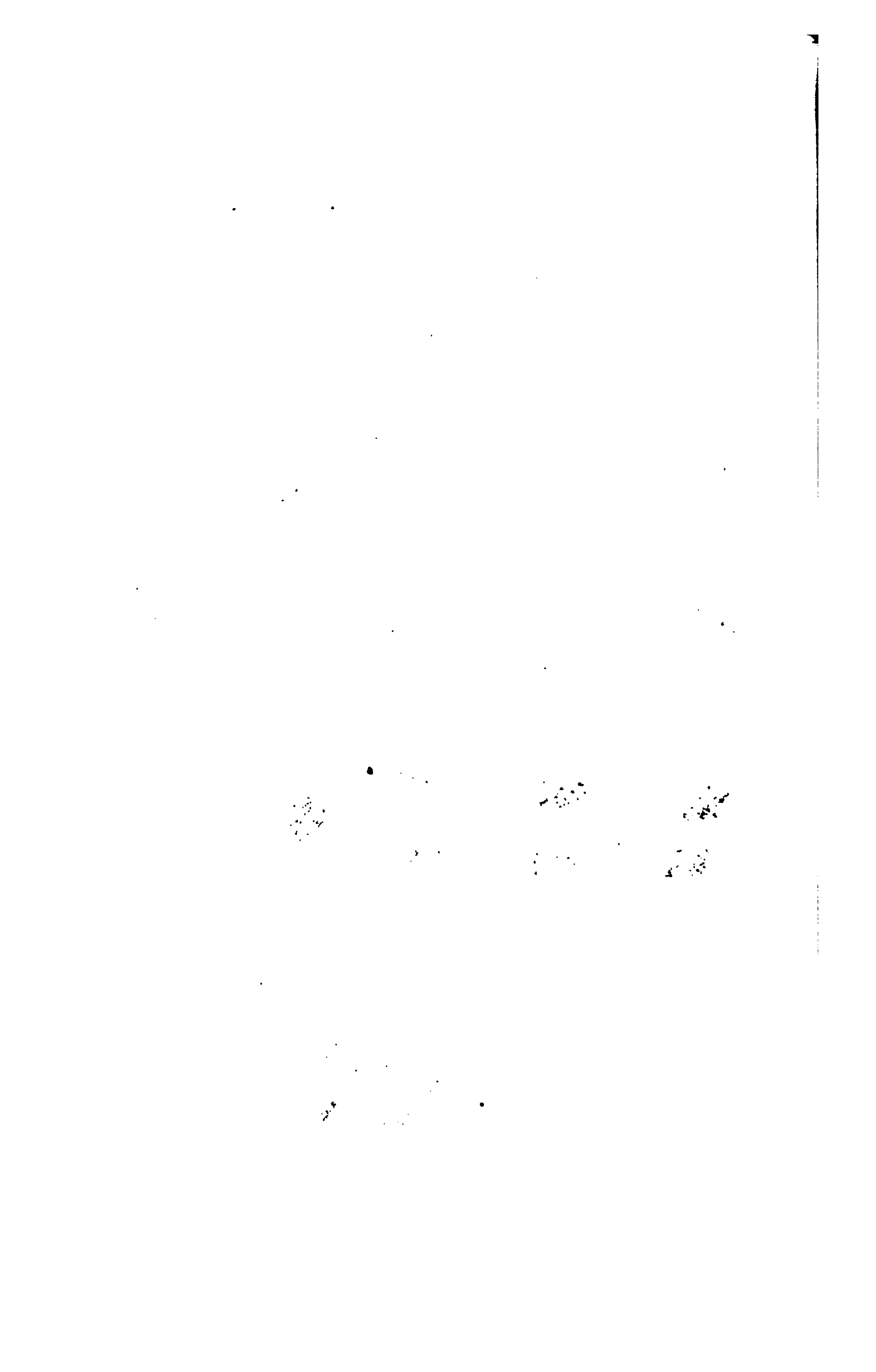


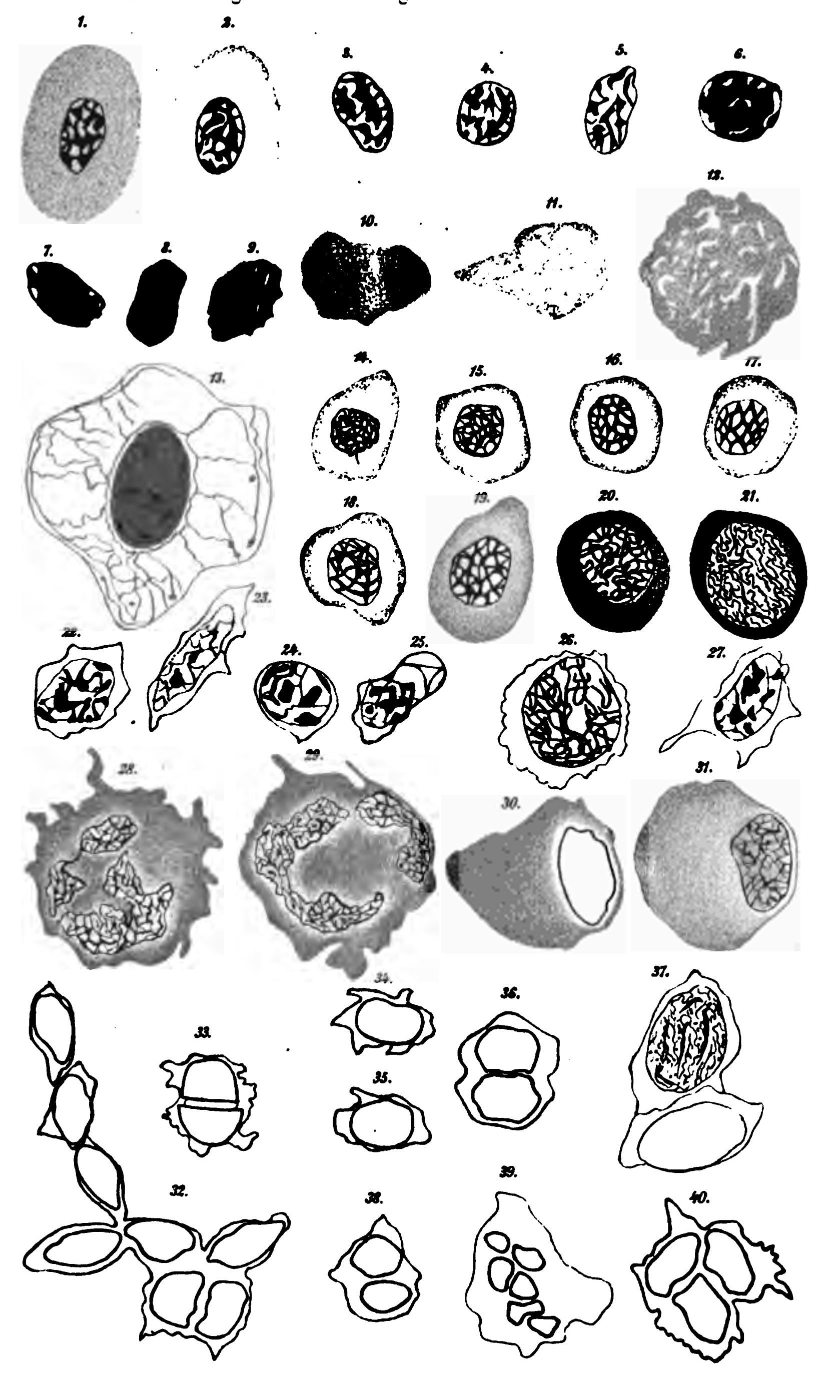
Autor del. lith. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien, VII. Bez.





Autor delin. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien VII. Bez.





Autor delin. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien VII. Bez.

XV. SITZUNG VOM 21. JUNI 1889.

Der Secretär legt das eben erschienene Heft I—III (Jänner—März 1889) des 98. Bandes, Abtheilung II. b. der Sitzungsberichte, ferner das Heft IV (April 1889) des 10. Bandes der Monatshefte für Chemie vor.

Das c. M. Herr Prof. Dr. Sigmund Exner in Wien dankt für die Zuerkennung des Ig. L. Lieben'schen Preises und Herr Prof. Dr. H. Hertz in Bonn für die Zuerkennung des A. Freiherr von Baumgartner'schen Preises.

Das British Museum (Natural History) in London dankt für die Betheilung mit akademischen Publicationen.

Das c. M. Herr Prof. L. Gegenbauer in Innsbruck übersendet eine Abhandlung unter dem Titel: „Eine Eigenschaft der Entwicklung einer ganzen Function nach den Näherungsnennern von gewissen regulären Kettenbrüchen."

Herr Prof. J. V. Janovsky an der k. k. Staatsgewerbeschule in Reichenberg übersendet eine Abhandlung: „Studie über Azo- und Azoxytoluole." (II. Mittheilung).

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. „Der geologische Bau der Insel Kasos," von Herrn Gejza Bukowski in Wien.
2. „Theorie der Elektricität," von Herrn Johann Gerstberger in Krakau.

Der Secretär theilt mit, dass durch die Herren Nicol. Mihanovics aus Buenos-Ayres und Lloyd-Inspector Herrn L. D. Schulze Nachrichten von Herrn k. k. Hauptmann-Auditor Zapałowicz aus Patagonien eingelaufen sind.

Das w. M. Herr Prof. Ad. Lieben überreicht zwei in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeiten:

1. „Einige Beobachtungen über den Durchgang der Elektricität durch Gase und Dämpfe," von Dr. Conrad Natterer.

2. „Über Hexamethylphloroglucin," von Dr. Otto Margulies.

Das w. M. Herr Prof. v. Barth überreicht eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit von Dr. J. Herzig: „Studien über Quercetin und seine Derivate. (V. Abhandlung.) Rhamnin und Xanthorhamnin."

Herr Prof. v. Barth überreicht ferner eine Abhandlung: „Zur Kenntniss des Hämatoporphyrins und des Bilirubins," von den Herren Prof. M. Nencki und A. Rotschy in Bern.

Das w. M. Herr Prof. V. v. Lang überreicht eine von Dr. H. Koller im physikalischen Cabinete der k. k. Universität in Wien ausgeführte Arbeit: „Über den elektrischen Widerstand von Isolatoren bei höherer Temperatur".

Ferner überreicht Herr Prof. v. Lang eine Abhandlung: „Messungen des normalen Potentialgefälles der atmosphärischen Elektricität in absolutem Maasse", von J. Elster und H. Geitel in Wolfenbüttel.

Herr Prof. Dr. A. Penck an der k. k. Universität in Wien überreicht eine Abhandlung unter dem Titel: „Der Flächen-Inhalt der österreichisch-ungarischen Monarchie."

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Haynald, L., Denkrede auf Edmund Boissier. Gehalten in der Plenarsitzung der ungarischen Akademie der Wissenschaften am 26. November 1888. Budapest, 1889; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XCVIII. Band. VII. Heft.

ABTHEILUNG III.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie, des Menschen und der Thiere; sowie aus jenem der theoretischen Medicin.

XVI. SITZUNG VOM 4. JULI 1889.

Der Secretär legt den eben erschienenen 53. Band der Denkschriften, ferner das Heft V (Mai 1889) der Monatshefte für Chemie vor.

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. A. Bauer in Wien übersendet zwei Arbeiten, u. zw.:

1. Eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit des Assistenten Edmund Ehrlich, betitelt: „Oxydation der *o*-Zimmtcarbonsäure.“
2. Eine von M. Gläser und Th. Morawski in Bielitz ausgeführte Untersuchung, betitelt: „Über die Einwirkung von Bleihyperoxyd auf einige organische Substanzen in alkalischer Lösung.“

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. „Untersuchungen über die Entstehung der Harnsäure im Säugethier-Organismus“, von Prof. Dr. J. Horbaczewski in Prag.
2. „Uber die Hypothese, welche der Poisson'schen Theorie des Schiffsmagnetismus zu Grunde liegt“, von Prof. Vincenz v. Giaxa in Lussinpiccolo.
3. „Über eine Verallgemeinerung des Fermat'schen Satzes,“ von Dr. Max Mandl in Wien.

Herr Dr. Alfred Nalepa, Professor a. d. k. k. Lehrer-Bildungsanstalt in Linz, übersendet eine vorläufige Mittheilung: „Zur Systematik der Gallmilben.“

Der Secretär legt einen für die Denkschriften bestimmten Aufsatz von E. Naumann und M. Neumayr: „Zur Geologie und Paläontologie Japans,“ vor.

Das w. M., Herr Professor Wiesner, überreicht eine in Gemeinschaft mit Herrn Dr. H. Molisch im pflanzen-physiologischen Institute der k. k. Wiener Universität ausgeführte Arbeit über den Durchgang der Gase durch die Pflanzen.

Das w. M. Hofrath Prof. v. Barth überreicht eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit von Dr. Fritz Fuchs: „Eine verbesserte Methode zur Bestimmung der Kohlensäure nach dem Volum".

Der Vorsitzende, Herr Prof. J. Stefan, überreicht eine für die Sitzungsberichte bestimmte Abhandlung: „Über die Theorie der Eisbildung, insbesondere über die Eisbildung im Polarmeere."

Herr Prof. Dr. Franz Toula von der k. k. technischen Hochschule in Wien überreicht eine am Institute der Lehrkanzel für Mineralogie und Geologie der genannten Hochschule, von seinem Assistenten Herrn August Rosiwal ausgeführte Arbeit, welche den Titel trägt: „Zur Kenntniss der krystallinischen Gesteine des centralen Balkan".

Herr Josef Popper überreicht eine Abhandlung: „Über die Vorausberechnung der Verbrennungs- oder Bildungswärme bei Knallgas und anderen Gasgemengen".

Herr Dr. S. Zeisel überreicht eine Abhandlung unter dem Titel: „Neue Beobachtungen über Bindungswechsel bei Phenolen. Von I. Herzig und S. Zeisel. (IV. Mittheilung.) Desmotrope Bromtetrāthylphloroglucine."

Herr Prof. Dr. E. Lippmann in Wien überreicht eine Abhandlung: „Über Dithiocarbonsäure des Resorcins und Pyrogallols."

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Cialdi Alessandro, Sul moto ondoso del mare e su le correnti di esso, specialmente su quelle littorali. Roma, 1886; 8°. (Eingesendet von Herrn Marquis Anatole de Caligny).

XVII. SITZUNG VOM 11. JULI 1889.

Der Secretär legt das erschienene Heft I (Jänner 1889) des 98. Bandes, Abtheilung II. a. der Sitzungsberichte vor.

Die Anthropologische Gesellschaft in Wien übermittelt die Einladung zu der vom 5. bis 10. August d. J. in Wien stattfindenden gemeinsamen Versammlung der Deutschen- und der Wiener Anthropologischen Gesellschaft.

Das c. M. Herr Prof. V. v. Ebner übersendet eine Arbeit aus dem histologischen Institute der k. k. Universität in Wien von dem Assistenten dieses Institutes Dr. J. Schaffer: „Über den feineren Bau fossiler Knochen".

Das c. M. Herr Prof. L. Gegenbauer in Innsbruck übersendet eine Abhandlung: „Über complexe Primzahlen".

Herr Prof. Dr. Veit Graber in Czernowitz übersendet eine Abhandlung unter dem Titel: „Vergleichende Studien über die Embryologie der Insecten und insbesondere der Musciden".

Das w. M. Herr Prof. V. v. Lang überreicht eine Abhandlung des c. M. Prof. Franz Exner: „Beobachtungen über atmosphärische Elektricität in den Tropen," I.

Prof. v. Lang übergibt ferner eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit des Herrn Josef Tuma, dieselbe führt den Titel: „Über Beobachtung der Schwebungen zweier Stimmgabeln mit Hilfe des Mikrophones".

Das w. M. Hofrath v. Barth überreicht zwei in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeiten:

1. „Über Oxydationsproducte des Chinoïdins," von Dr. H. Strache.

2. „Zur Chemie der Gerbsäuren," von C. Etti.

Herr Dr. J. v. Hepperger, Privatdocent an der k. k. Universität in Wien, überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Integration der Gleichung für die Störung der mittleren täglichen siderischen Bewegung des Biela'schen Kometen durch die Planeten Erde, Venus und Mercur".

Herr Prof. Dr. E. Lippmann in Wien überreicht eine in Gemeinschaft mit Herrn Fleissner ausgeführte Arbeit: „Über Alkylirung von Oxychinolin".

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Cora Guido, Cenni generali intorno ad un viaggio nella Bassa Albania (Epiro) ed a Tripoli di Barberia. Torino. 1875; 4°.

Untersuchungen über die Entstehung der Harnsäure im Säugethierorganismus

von

J. Horbaczewski.

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Juli 1889.)

I. Über den Einfluss des acrylsauren Natrons auf die Harnsäureausscheidung beim Menschen.

Da die Harnsäure ein Derivat der Acrylsäure ist und beim Menschen nach Einnahme grösserer Gaben von Glycerin, aus welchem Acrylsäure durch Wasserabspaltung leicht entsteht, in vermehrter Menge ausgeschieden wird,[1] war es denkbar, dass sich dieselbe im Säugethierkörper auf synthetischem Wege aus Acrylsäure und einem stickstoffhältigen Derivate, z. B. Harnstoff bildet. Es wurde ein diesbezüglicher Versuch angestellt, indem einem im Stickstoffgleichgewichte befindlichen jungen Manne acrylsaures Natron gereicht und die ausgeschiedene Harnsäure bestimmt wurde. Der Versuch bestätigte die ausgesprochene Erwartung nicht.

Im Nachfolgenden sind die Resultate des Versuches, der einiges Interesse doch vielleicht beanspruchen dürfte, kurz mitgetheilt.

Die tägliche Nahrung des Versuchsmannes bestand aus:

1. Wurst 200 *g* mit	8·26 *g* N
2. Brod circa 200 *g* mit......	2·75 *g* N
3. Käse 50 *g* mit	2·39 *g* N
4. Bier 1000 cm^3 mit	0·65 *g* N
5. Butter 50 *g* mit	0·10 *g* N
6. Reis 100 *g* mit...........	0·98 *g* N
7. Kochsalz 2 *g*	—
Zusammen...	15·13 *g* N.

[1] J. Horbaczewski und F. Kanĕra, Über den Einfluss von Glycerin, Fett und Zucker auf die Harnsäureausscheidung. Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wissensch., Bd. 93, II. Abth., April-Heft.

(Die Wurst wurde für den ganzen Versuch auf einmal bereitet. Aus Kornmehl, dessen Stickstoffgehalt bestimmt wurde, wurde für jeden Versuchstag ein Laibchen Brod gebacken. Schweizerkäse, Butter und Reis wurden für den ganzen Versuch angekauft.) Nachdem der Versuchsmann sich mit obiger Nahrung durch einige Tage ernährt hatte, wurde mit der Gesammt-Stickstoff- und Harnsäurebestimmung im Harne und der Bestimmung des Stickstoffs in den Fäces begonnen, und zwar wurde der Stickstoff volumetrisch, die Harnsäure nach Ludwig bestimmt. Nach sechs Normaltagen erhielt der Versuchsmann an drei nachfolgenden Tagen acrylsaures Natron. Dasselbe erwies sich (in den dargereichten Gaben wenigstens) als nicht giftig und wurde ohne alle Beschwerden vertragen. Die Versuchsergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Versuchstag	Harn in 24 Stunden					Fäces in 24 Stunden		Körpergewicht in *kg*	Es wurde Acrylsäure eingenommen in Form von acrylsaurem Natron
	Menge in cm^3	Specifisches Gewicht	Reaction	Gesammtstickstoff *g*	Harnsäure *g*	Menge *g*	Stickstoff *g*		
1	1960	1·013	Stark sauer	11·90	0·604	50·35	1·25	54·90	—
2	1050	1·025	„	13·28	0·639	50·35	1·25	—	—
3	1510	1·017	„	14·49	0·653	50·35	1·25	—	—
4	1560	1·014	„	13·10	0·637	50·35	1·25	—	—
5	1200	1·025	„	14·65	0·672	50·35	1·25	55·20	—
6	1690	1·018	„	14·82	0·696	50·35	1·25	—	—
7	1710	1·016	Sauer	13·25	0·686	50·35	1·25	—	0·25 *g*
8	870	1·025	Schwach alkalisch	11·18	0·440	50·35	1·25	—	1·0 *g*
9	1940	1·011	„	13·77	0·582	50·35	1·25	55·00	2·0 *g*
10	1630	1·015	Schwach sauer	14·88	0·603	50·35	1·25	—	—

An den sechs Normaltagen schied der Versuchsmann pro die durchschnittlich 13·71 *g* im Harne und 1·25 *g* in Fäces = 14·96 *g* Gesammtstickstoff aus, während in der täglichen Nahrung 15·13 *g* Stickstoff enthalten waren. Es befand sich daher der Versuchsmann annähernd im Stickstoffgleichgewichte. Harnsäure hat derselbe in der Normalperiode durchschnittlich pro Tag 0·65 *g* ausgeschieden. Das Verhältniss der Harnsäure zum Gesammtstickstoff im Harne ist wie 1 : 21·08. Nach Einnahme des acrylsauren Natrons gelangten im Mittel pro Tag 13·27 *g* Stickstoff im Harne und 0·58 *g* Harnsäure zur Ausscheidung. Das Verhältniss der Harnsäure zum Harnstickstoff ist wie 1 : 22·90. Man ersieht aus den mitgetheilten Resultaten, dass nach Einnahme des acrylsauren Natrons die ausgeschiedene Harnsäuremenge absolut und relativ vermindert ist. Der Grund dieser Verminderung dürfte durch die Wirkung des kohlensauren Natrons bedingt sein, da der Harn an zwei Acrylsäuretagen schwach alkalisch reagirte und etwas kohlensaures Natron enthielt. Über die Schicksale des acrylsauren Natrons im Körper ist aus dem Versuche nicht viel Sicheres zu entnehmen, wahrscheinlich oxydirt sich dasselbe im Körper zu kohlensaurem Natron und wird als solches durch den Harn ausgeschieden.

II. Über das Verhalten der Harnsäureausscheidung bei der Lebercirrhose.

Die Untersuchungen von Minkovski[1] ergaben, dass die Leber bei Vögeln an der Harnsäurebildung sich wesentlich betheiligt, und dass die Harnsäure wahrscheinlich in derselben, und zwar auf synthetischem Wege aus Milchsäure und Ammoniak entsteht. Bei Säugethieren spielt die Leber eine wichtige Rolle bei der Harnstoffbildung, wie die in neuerer Zeit ausgeführten Versuche lehrten. Ob die Leber beim Säugethier auch an der Harnsäurebildung irgendwie betheiligt ist, ist nicht bekannt. Die Prüfung dieser Frage am Säugethiere bietet, abgesehen von verschiedenen Momenten, schon aus diesem Grunde Schwierigkeiten, weil es nicht leicht ist, ein passendes Versuchsthier zu finden. Um über diese Frage einigen Aufschluss zu erhalten, wurde die

[1] Über den Einfluss der Leberexstirpation auf den Stoffwechsel. Archiv für experim. Path. u. Pharmacol., 21.

Harnsäureausscheidung beim Menschen bei einer Erkrankung, die mit Vernichtung des Lebergewebes einhergeht, geprüft, da die Annahme berechtigt ist, dass die Harnsäureausscheidung bei einer derartigen Erkrankung vermindert sein muss, wenn die Harnsäurebildung in der Leber stattfindet, oder wenn die Leber an diesem Processe überhaupt irgendwie theilnimmt. Es wurden in zwei Fällen von hochgradiger Lebercirrhose, die ein lethales Ende nahmen, Bestimmungen der Harnsäure (nach Ludwig) und des Gesammtstickstoffes (volumetrisch) im Harne vorgenommen. Die Patienten befanden sich im hiesigen allgemeinen Krankenhause an der zweiten medicinischen Klinik des Herrn Prof. Maixner, der die grosse Freundlichkeit hatte, alles zu veranlassen, dass die Versuche ausgeführt werden konnten und die nothwendigen Daten über den Krankheitsverlauf und Ausgang mitzutheilen.

Die Kranken erhielten während des Versuches die gewöhnliche gemischte Spitalskost, während die medicamentöse Behandlung zu dieser Zeit bei denselben ausgesetzt wurde.

Erster Fall.

Forejt, 41 Jahre alt, wurde auf die Klinik am 11. März 1888 aufgenommen. Patient ist angeblich seit sieben Monaten krank, Potator, schlecht genährt, Musknlatur atroptisch, trockene Epidermis, Ödem der unteren Extremitäten. Unterleib bedeutend vergrössert (Umfang 111 *cm*), bis zum Epigastrium mit freier Flüssigkeit gefüllt. Temperatur normal. Die Leberdämpfung beginnt am fünften Rippenknorpel (beziehungsweise fünften Rippe- und reicht 4 *cm* tief hinab; Milz bedeutend vergrössert. Appetit gering. Täglich zwei weiche Stühle. Am 20. März wurden aus der Bauchhöhle 14 *l* seröser Flüssigkeit durch Punction entleert, worauf die Leber bedeutend heruntersank. Der Rand derselben ist stumpf, die Oberfläche mässig körnig. Am 16. April abermalige Punction mit Entleerung von 17·75 *l* Flüssigkeit, worauf sich Frösteln, Erbrechen und Diarrhoë einstellten. 28. April abermals Erbrechen, Patient apathisch. 3. Mai abermalige Punction mit Entleerung von 17·25 *l* Flüssigkeit. 6. Mai Collapstemperatur, cholaemische Symptome, Erbrechen, Tod.

Klinische Diagnose: Cirrhosis hepatis.

Die Section bestätigte die klinische Diagnose (Leberdurchmesser: 19·5, 16 und 6·5 *cm*).

Bei der chemischen Analyse des Harnes wurden folgende Resultate erhalten:

Datum	Harnmenge in 24 Stunden, *cm*³	Specifisches Gewicht	Reaction	Harnsäure in 24 Stunden *g*	Gesammtstickstoff in 24 Stunden *g*	Verhältniss der Harnsäure zum Stickstoff	
1888 14./3.	460	1·029	Sauer	0·5023	8·33	1:16·6	
15./3.	450	1·029	„	0·4401	7·11	1:16·2	
16./3.	440	1·027	„	0·3120	6·36	1:20·4	
17./3.	440	1·028	„	0·3709	6·96	1:18·8	
18./3.	410	1·029	„	0·3739	6·97	1:18·6	
19./3.	430	1·027	„	0·4356	8·15	1:18·7	
20./3.	1320	1·014	„	0·4884	9·56	1:19·6	Punction um 9 Uhr Früh.
21./3.	670	1·019	„	0·4637	7·91	1:17·02	

Zweiter Fall.

Tomek, 28 Jahre alt, wurde am 11. September 1888 auf die Klinik aufgenommen. Patient litt seit drei Jahren mehrere Male an Haemataemesis. Potator, anämisch, schlecht genährt, trockene Epidermis, Unterleib bedeutend vergrössert (Umfang 107 *cm*). In der Bauchhöhle, 3 *cm* über dem Nabel reichend freie Flüssigkeit. Leberdämpfung vom fünften Rippenknorpel (beziehungsweise sechster Rippe) bis 2 *cm* oberhalb des Rippenbogens. Herz normal, Temperatur normal, Milz bedeutend vergrössert. Linksseitiger Hydrothorax. Am 28. September 1888 wurden durch Punction 10·5 *l* seröser Flüssigkeit entleert. Die Punctionen mussten öfters wiederholt werden und zwar am 18. November (12·5 *l* Flüssigkeit), am 18. December (16·5 *l* Flüssigkeit), am 9. Jänner 1889 (19 *l* Flüssigkeit), am 4. Februar 1889 (15·5 *l* Flüssigkeit), am 23. Februar 1889 (16 *l* Flüssigkeit), am 3. April 1889 (19·5 *l*

Flüssigkeit), am 18. April 1889 (15·5 *l* Flüssigkeit). Am 20. April 1889 trat Collaps ein und Tod.

Klinische Diagnose: Cirrh. hepatis, tumor lienis chron., hydrops univers.

Die Section bestätigte die klinische Diagnose (Lebergewicht 760 *g*).

Die Analyse des Harns ergab folgende Resultate:

Datum	Harnmenge in 24 Stunden, cm^3	Specifisches Gewicht	Reaction	Harnsäure in 24 Stunden *g*	Gesammtstickstoff in 24 Stunden *g*	Verhältniss der Harnsäure zum Stickstoff	
1888 14./12.	460	1·017	Sauer	0·344	4·89	1 : 14·2	
15./12.	470	1·020	„	0·361	5·85	1 : 16·2	
16./12.	270	1·022	„	0·210	3·64	1 : 17·3	
17./12.	410	1·021	„	0·270	4·44	1 : 16·5	
18./12.	350	1·021	„	0·257	4·88	1 : 15·1	Punction um 6 Uhr Abends.
19./12.	500	1·022	„	0·385	6·29	1 : 16·1	
20./12.	280	1·023	„	0·290	4·75	1 : 16·4	

Bei Beurtheilung der Frage, ob auf Grund der mitgetheilten Resultate auf eine Verminderung oder Vermehrung der Harnsäureausscheidung geschlossen werden kann, kommt nur das relative Verhältniss der Harnsäure zum Gesammtstickstoff in Betracht. Wenn auch zugegeben werden muss, dass dieser Modus der Beurtheilung nicht ganz sicher ist, und dass die Feststellung einer normalen Mittelzahl, beziehungsweise des oberen und unteren Grenzwerthes für das Verhältniss der Harnsäure zum Gesammtstickstoff nicht sehr leicht ist, so muss doch dieser Weg als der einzig mögliche gewählt werden.

Für den ersten untersuchten Fall ergibt sich das Verhältniss der Harnsäure zum Gesammtstickstoff im Mittel aller Versuchstage wie 1 : 18·11 (Maximum 1 : 16·15, Minimum 1 : 20·4). Im zweiten Falle ist das Verhältniss im Mittel 1 : 16·4 (Maximum

1:14·2, Minimum 1:17·3). Die auf Grund zahlreicher Beobachtungen bei Gesunden gefundenen Verhältnisszahlen schwanken innerhalb ziemlich weiter Grenzen, so dass das Verhältniss der Harnsäure zum Harnstoff wie 1:40 bis 1:60, oder auf Gesammtstickstoff umgerechnet, wie 1:19 bis 1:28 angenommen werden muss.

Aus dem Vergleiche dieser Zahlen mit den bei den obigen Versuchen erhaltenen geht hervor, dass bei der Lebercirrhose die relative Menge der zur Ausscheidung gelangenden Harnsäure nicht vermindert ist. Eher ist der Schluss gestattet, dass die Harnsäure in vermehrter Menge ausgeschieden wird. Wenn nun bei einer Erkrankung, bei der das Lebergewebe schwindet, normale oder eher grössere als normale Harnsäuremengen gebildet werden, so kann mit grösster Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass beim Menschen in der Leber die Harnsäure nicht entsteht, und dass die Leberfunction mit der Harnsäurebildung überhaupt nicht zusammenhängt. Man wird in dieser Ansicht bestärkt, wenn man die Resultate der Bestimmungen des Harnstoffes bei verschiedenen Lebererkrankungen berücksichtigt. So ergaben die Beobachtungen von Hallervorden[1] und Stadelmann,[2] dass bei Lebererkrankungen, die mit Vernichtung des Lebergewebes einhergehen, die Harnstoffausscheidung vermindert, die Ammoniakausscheidung dagegen vermehrt ist. Da sich in der Leber Harnstoff bildet, sind diese Resultate vollkommen erklärlich. Würde sich in der Leber des Menschen auch Harnsäure bilden, so müssten auch ähnliche Ausscheidungsverhältnisse für die Harnsäure gefunden werden.

III. Über die Bildung der Harnsäure aus der Milzpulpa und Blut.

Es ist schon seit langer Zeit bekannt, dass an Leukämie leidende Kranke abnorm grosse Mengen von Harnsäure (mitunter über 5 *g* pro 24 Stunden) durch den Harn ausscheiden. Diese abnorme Harnsäurebildung bei der Leukämie suchte man unter

---

[1] Über Ausscheidung des Ammoniaks im Urin bei pathologischen Zuständen. Archiv für experim. Path. und Pharm., 12.

[2] Über Stoffwechselanomalien bei einzelnen Lebererkrankungen Deutsches Archiv für klin. Med., 33.

Anderem auch mit der bei dieser Erkrankung auftretenden bedeutenden Vermehrung der weissen Blutkörperchen im Blute, der für diese Krankheit am meisten charakteristischen anatomischen Veränderung in Zusammenhang zu bringen, ohne dass es gelungen wäre, einen experimentellen Beweis zu erbringen, dass ein solcher Causalnexus thatsächlich besteht. Unter Zugrundelegung dieser naheliegenden Annahme und in weiterer Consequenz unter Voraussetzung, dass die Leucocythen auch in der Norm beim Säugethiere sich an der Harnsäurebildung betheiligen, wurden diesbezüglich directe Versuche unter möglichster Einhaltung von Bedingungen, wie sie im Thierkörper statthaben, angestellt.

Als Versuchsmateriale dienten zunächst die in grosser Menge Leucocythen enthaltende Milzpulpa und defibrinirtes Blut von Kälbern,[1] die im vollkommen frischen Zustande, noch thierwarm zu Versuchen verwendet wurden. Die Milz wurde rasch ausgequetscht (das Pressen ist nicht durchführbar), die erhaltene Pulpa sofort mit dem Blute möglichst gut gemischt, die Mischung in eine etwa 1 *l* fassende Drechsel'sche Waschflasche hineingegeben, in einen auf etwa 37—40° C. erwärmten Brutofen hineingestellt und durch dieselbe ein langsamer Luftstrom (1 bis $1^1/_2$ *l* Luft pro Stunde) geleitet. Das Erwärmen auf die obengenannte Temperatur und Durchleiten von Luft dauerte 5 bis 8 Stunden, worauf die Mischung über die Nacht im langsam auskühlenden Brutofen ruhig stehen blieb. Nun wurde dieselbe auf Harnsäure geprüft, während eine zweite Probe, die die gleiche Menge desselben Blutes und derselben Pulpa enthielt, als Controlprobe auf Harnsäure sofort verarbeitet wurde.

Die Harnsäurebestimmungen wurden folgendermassen ausgeführt: Das Gemisch von Milzpulpa und Blut wurde in die vier-

---

[1] Bei der Wahl der Thierspecies ergaben sich manche Schwierigkeiten. Schliesslich wurden doch Versuche mit Milz und Blut von Kälbern ausgeführt, da anzunehmen war, dass man dabei am sichersten zu entscheidenden Resultaten gelangt, weil junge, sich mit Milch nährende Kälber (wie Wöhler, Nachr. d. k. Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen, 1849, fand) reichlich Harnsäure produciren, und ferner, weil zu erwarten war, dass die Zellen dieser jungen Organismen einen regen Stoffwechsel haben werden. Bei der Beschaffung auch dieses Materials ergaben sich leider ziemlich bedeutende Schwierigkeiten.

bis fünffache Menge einer siedenden, etwa 1% Kochsalzlösung hineingegossen, die Flüssigkeit mit Essigsäure schwach angesäuert, aufgekocht und kochend heiss durch Faltenfilter filtrirt. Der Niederschlag wurde nach dem Abtropfen der Flüssigkeit (sammt Filtern) wieder in siedendes Wasser hineingeworfen, aufgekocht und wieder filtrirt, worauf diese Operation noch einmal wiederholt wurde und alle erhaltenen Filtrate auf etwa 200 bis 300 cm^3 eingeengt wurden. Von dem sich nach dem Eindampfen gewöhnlich in geringer Menge abscheidenden Niederschlage wurde die Flüssigkeit heiss filtrirt, nach dem Auskühlen schwach ammoniakalisch gemacht mit einem Gemisch von ammoniakalischer Silberlösung und Magnesiamixtur ausgefällt und weiter nach der Methode von Ludwig verfahren, indem der abfiltrirte und ausgewaschene Niederschlag in der Wärme mit Schwefelnatrium zersetzt, das Filtrat mit Salzsäure angesäuert, eingedampft, die abgeschiedene Harnsäure abfiltrirt, mit Wasser, dann mit Alkohol gewaschen, getrocknet, hierauf mit Schwefelkohlenstoff und dann mit Äther gewaschen, bis zur Constanz getrocknet und gewogen wurde. Es kam manchmal vor, dass mit der abgeschiedenen Harnsäure sich auch etwas Schwefelsilber ausschied. In diesem Falle wurde die Harnsäure in einigen Tropfen reiner Lauge gelöst, filtrirt, worauf das angesäuerte Filtrat nach dem Eindampfen meistens reine Harnsäure lieferte. Manchmal war auch die auf diese Weise abgeschiedene Harnsäure noch immer nicht rein, und in diesem Falle musste die Fällung mit ammoniakalischer Silberlösung und Magnesiamixtur noch einmal wiederholt werden, wobei der zersetzte Niederschlag immer vollkommen reine Harnsäure gab.

Eine Reihe in der angegebenen Weise ausgeführter Versuche ergab zweifellos die Thatsache, dass aus der Milzpulpa und dem Blute unter den oben erwähnten Verhältnissen sich wirklich Harnsäure bildet, denn während im frischen Blute und in frischer Milzpulpa entweder gar nicht bestimmbare oder nur eben bestimmbare Spuren von Harnsäure vorhanden sind, findet man in einer eben solchen Probe derselben nach mehrstündigem Erwärmen auf etwa 40° C. und Durchleiten von Luft nicht ganz unbeträchtliche Mengen. Die nachfolgende Tabelle enthält die erhaltenen Resultate.

Versuchsnummer	Verwendete Blutmenge in g	Verwendete Milzpulpamenge in g	Erwärmt auf 37—40° C. und Luft durchgeleitet durch	Nach dem Erwärmen ist die Mischung gestanden durch	Gefundene Harnsäuremenge in mg	In der Controlprobe gefundene Harnsäuremenge in mg
1	295	35	7 Stunden	15 Stunden	34·2	Quantitativ nicht bestimmbare Spuren
2	413	60	8 „	11 „	59·2	
3	450	60	7 „	15 „	61·7	
4	450	60	5 „	8 „	48·1	
5	450	45	6 „	13 „	51·9	—
6	500	70	7 „	14 „	76·8	—
7	320	40	6 „	15 „	39·7	—
8	400	45	6 „	14 „	48·7	1·5
9	400	100	7½ „	12 „	143·7	—

Erwägt man, dass im Säugethierorganismus unter normalen Verhältnissen nur relativ geringe Harnsäuremengen gebildet werden und anderseits, dass die Versuchsbedingungen nicht so günstig sind wie im lebenden Organismus, so müssen die bei den Versuchen erhaltenen Harnsäuremengen ziemlich bedeutend erscheinen.

Die erhaltenen Resultate ergeben zunächst, dass die Menge der gebildeten Harnsäure ceteris paribus von der verwendeten Pulpamenge und der Versuchsdauer abhängt.

Dass die Milzpulpa bei dieser Harnsäurebildung eine sehr wesentliche Rolle spielt, geht aus folgenden Versuchen, bei denen Blut und Pulpa und parallel Blut allein in Versuchen verwendet wurde, hervor.

450 *g* Blut und 60 *g* Milzpulpa gaben beim Versuche 61·7 *mg* Harnsäure (Versuchsnummer 3 der Tabelle), während 450 *g* desselben Blutes allein bei ganz gleicher Behandlung 2·0 *mg* Harnsäure lieferten.

450 *g* Blut und 45 *g* Milzpulpa gaben beim Versuche 51·9 *mg* Harnsäure (Versuchsnummer 5 der Tabelle), während 450 *g* desselben Blutes bei gleicher Behandlung 1·3 *mg* Harnsäure lieferten.

500 *g* Blut und 70 *g* Milzpulpa gaben beim Versuche 76·8 *mg* Harnsäure (Versuchsnummer 6 der Tabelle), während 500 *g* desselben Blutes bei gleicher Behandlung 1·2 *mg* Harnsäure lieferten.

Diese Versuche ergeben zweifellos, dass hauptsächlich die Milzpulpa Stoffe enthält, aus welchen sich durch Einwirkung des Blutes Harnsäure bildet, und die daher zweckmässig als Vorstufen der Harnsäure bezeichnet werden können. Dieselben lassen sich auch durch kochendes Wasser aus der Milzpulpa extrahiren, wie folgender Versuch zeigt:

Milzpulpa wurde mit verdünnter Kochsalzlösung und Wasser ausgekocht, die Lösung ziemlich stark eingedampft, von der geringen Menge des nach dem Eindampfen abgeschiedenen Niederschlages abfiltrirt und die erhaltene concentrirte, klare Lösung in zwei gleiche Theile getheilt. Die eine Hälfte der Lösung wurde mit 500 *g* frischen Blutes vermischt und in üblicher Weise durch 7 Stunden erwärmt und durch 15 Stunden bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Die andere Hälfte wurde auf den Harnsäuregehalt geprüft. Die mit Blut digerirte Extracthälfte lieferte 25·3 *mg*, während die zweite, sofort auf Harnsäure verarbeitete 6·3 *mg* Harnsäure enthielt und 500 *g* Blut allein, ebenso wie die erste behandelt, nur 1·2 *mg* Harnsäure gaben. Es lassen sich demnach aus der Pulpa durch siedendes Wasser Stoffe extrahiren, die durch Einwirkung des Blutes Harnsäure liefern.

Über die Natur dieser Verbindungen konnten noch keine eingehenden Versuche angestellt werden; vor Allem muss hier an Nucleine und deren Zersetzungsproducte (Xanthinkörper) gedacht werden, worüber weitere Versuche Aufschluss geben werden.

Es dürfte wohl kein Zweifel darüber bestehen, dass nur die lymphatischen Elemente der Milz, die die Hauptmasse der Milzpulpa ausmachen, diese Vorstufen der Harnsäure bilden, da die Annahme, dass dieselben auch in den neben diesen Elementen in der Pulpa enthaltenen Gewebetrümmern der Milz, die hauptsächlich aus Bindegewebe und elastischem Gewebe neben einer geringen Menge von Muskeln bestehen, gebildet werden sollten, ganz unwahrscheinlich ist. Um einen stricten Beweis in dieser Hinsicht zu liefern, wäre es nothwendig, diese lymphatischen Elemente im reinen Zustande zu isoliren und mit denselben directe Versuche anzustellen. Die Ausführung derartiger Ver-

suche stösst aber auf unüberwindliche Schwierigkeiten, da keine Methode bekannt ist, nach welcher diese Elemente im reinen Zustande erhalten werden könnten, ohne dass dieselben bei der Reinigung abgetödtet, und ohne dass Bestandtheile derselben ausgewaschen werden würden. Ein solcher Versuch ist daher von vorneher aussichtslos. Directe diesbezüglich angestellte Versuche führten auch zu keinem entscheidenden Resultate.

Es wurde schon oben erwähnt, dass in drei Fällen Blut allein zu Versuchen verwendet, und dass dabei auch eine geringe Harnsäurebildung beobachtet wurde, indem bei diesen Versuchen im Ganzen 2 *mg*, respective 1·3 *mg*, respective 1·2 *mg* Harnsäure erhalten wurden. Aus diesen Versuchen kann der Schluss gezogen werden, dass sich auch im Blute die Vorstufen der Harnsäure in geringer Menge bilden und ferner, dass dieselben nicht in den rothen Blutkörperchen entstehen. Bedenkt man nämlich, dass die rothen Blutkörperchen 40—50% des Blutgewichtes ausmachen dürften (genauere Analysen des Kalbblutes scheinen nicht vorzuliegen), so müsste sich aus dieser Menge der rothen Blutkörperchen, da bei den Versuchen 450—500 *g* Blut verwendet wurden, jedenfalls mehr Harnsäure bilden, wenn berücksichtigt wird, dass nach Zusatz von 30—40 *g* Milzpulpa zum Blute eine mehr als zehn- oder zwanzigfache Harnsäuremenge erhalten wird. Die geringe Harnsäurebildung im Blute allein erklärt sich aber am einfachsten dadurch, dass im Blute eine geringe Menge von Leucocythen enthalten ist, die eine geringe Menge von Vorstufen der Harnsäure, die dann zu Harnsäure werden, produciren, was auch von vorneher erwartet werden muss.

Es sei gestattet, hier noch über einige Beobachtungen, die die erwähnte Harnsäurebildung aus Milzpulpa, respective aus den lymphatischen Elementen derselben und dem Blute einigermassen beleuchten, zu berichten.

Bei diesem Processe spielt auch das Blut anscheinend eine nicht unwesentliche Rolle, denn als 45 *g* frische Milzpulpa statt mit Blut mit 450 *g* etwa einprocentiger Kochsalzlösung vermischt, auf Bluttemperatur erwärmt und mit Luft in üblicher Weise behandelt wurden, wurden aus denselben nur 7·4 *mg* Harnsäure erhalten, während 45 *g* derselben Pulpa mit 450 *g* Blut gemischt und ebenso behandelt 51·9 *mg* Harnsäure lieferten. Eine sichere

Deutung dieses Befundes ist vorläufig kaum möglich — wahrscheinlich dürften die Unterschiede der Resultate beider Versuche hauptsächlich dadurch bedingt sein, dass die lebendigen Elemente der Pulpa durch Kochsalzlösung ziemlich rasch abgetödtet werden, während dieselben im frischen Blute durch längere Zeit lebendig erhalten werden und daher mehr Stoffwechselproducte zu produciren in der Lage sind.

Eine wesentliche Rolle spielt bei diesem Processe die Temperatur. In einer Mischung frischen Blutes und frischer Milzpulpa bildet sich zwar auch bei Zimmertemperatur Harnsäure, jedoch ist die Menge derselben viel geringer, als wenn man die Mischung auf 37—40° C. erwärmt.

413 *g* Blut und 60 *g* Milzpulpa gaben nach dem Erwärmen und Durchleiten von Luft 59·2 *mg* Harnsäure (Versuchsnummer 2 der Tabelle), während eine ebensolche Quantität von Blut und Pulpa, die während der ganzen Versuchsdauer bei Zimmertemperatur (15—20° C.) gestanden sind, nur 7·0 *mg* Harnsäure lieferten.

Ein ebenso ausgeführter Versuch mit 450 *g* Blut und 60 *g* Milzpulpa ergab 48·1 *mg*, respective 5·0 *mg* Harnsäure.

Ein weiterer Versuch mit 450 *g* Blut und 45 *g* Milzpulpa ergab 51·9 *mg*, respective 7·8 *mg* Harnsäure.

Die Frage, ob bei diesem Processe der Sauerstoff eine Rolle spielt, wäre nach den erhaltenen Resultaten zu bejahen. Es ergab sich zunächst, dass die Harnsäure sich auch dann bildet, wenn das Gemisch von frischem Blute und frischer Milzpulpa auf Bruttemperatur erwärmt wird, ohne dass durch die Mischung Luft geleitet werden müsste.

450 *g* Blut und 45 *g* Milzpulpa auf 40° C. durch 6 Stunden erwärmt und mit Luft behandelt, dann durch 19 Stunden bei Zimmertemperatur stehen gelassen, gaben 51·9 *mg* Harnsäure, während eine gleiche Probe desselben Blutes und derselben Pulpa, ebenso behandelt, aber ohne Luftdurchleiten, 49·7 *mg* Harnsäure lieferten.

500 *g* Blut und 70 *g* Pulpa durch $6^1/_2$ Stunden auf 40° C. erwärmt und mit Luft behandelt, dann durch 16 Stunden bei Zimmertemperatur stehen gelassen, gaben 76·8 *mg* Harnsäure, während die analoge Probe ohne Luftbehandlung 72 *mg* Harnsäure gab.

Es übt daher die Luftbehandlung keinen sehr grossen Einfluss auf die Harnsäurebildung, obzwar bei dieser Versuchsanordnung, wie es scheint, doch ein wenig mehr Harnsäure entsteht, wenngleich die Unterschiede sehr geringfügig sind.

Diese Versuche beweisen allerdings gar nicht, dass bei dem ganzen Processe der Harnsäurebildung der Sauerstoff keine Rolle spielt, weil bei den Versuchen immer frisches, mit Sauerstoff gesättigtes Blut verwendet wurde, welches jedenfalls mehr als genügende Mengen von Sauerstoff, die zur Bildung der erhaltenen Harnsäuremengen nothwendig wären, enthält. Wesentlich andere Resultate wurden erhalten, als das beim Versuche verwendete Blut durch Evacuiren venös gemacht wurde. Bei dieser Versuchsanordnung sank die Menge der gebildeten Harnsäure, jedoch nicht auf 0 herab, wahrscheinlich aber nur aus diesem Grunde, weil aus dem Blute der Sauerstoff in Ermangelung entsprechender Apparate zur vollständigen und raschen Evacuirung niemals vollständig entfernt werden konnte.

320 *g* Blut und 40 *g* Pulpa wurden in einer mit einem Hahn versehenen Drechsel'schen Waschflasche evacuirt, so dass das Blut venös wurde. Die Flasche wurde dann mit Wasserstoff gefüllt und durch 6 Stunden auf 40° C. erwärmt und durch 15 Stunden bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Bei der Untersuchung wurden 9·7 *mg* Harnsäure gefunden, während die in üblicher Weise angestellte Controlprobe 37·7 *mg* Harnsäure lieferte.

Ein weiterer, in ähnlicher Weise mit 400 *g* Blut und 45 *g* Pulpa angestellter Versuch ergab 12·4 *mg*, respective 53·1 *mg* Harnsäure.

Aus diesen Versuchen kann daher der Schluss gezogen werden, dass bei dieser Harnsäurebildung die Anwesenheit von Sauerstoff nothwendig ist.

Weitere Versuche wurden angestellt, um den Einfluss von Chinin, benzoësaurem und salicylsaurem Natron auf die Bildung der Harnsäure aus Pulpa und Blut zu prüfen, da, wie bekannt, diese Substanzen die Harnsäurebildung beim Menschen ziemlich bedeutend beeinflussen. Die Resultate diesbezüglicher Versuche können kurz dahin zusammengefasst werden, dass die erwähnten Verbindungen dem Gemisch von Blut und Pulpa in einer Menge

von etwa $1-4^0/_{00}$ zugesetzt, die Harnsäurebildung nicht aufheben. Die erhaltenen Versuchsresultate zeigten zwar keine genügende Constanz, um sichere Schlüsse aus denselben ziehen zu können, scheinen aber zu ergeben, dass durch die erwähnten Verbindungen die Bildung der Harnsäure aus Pulpa und Blut überhaupt nicht wesentlich modificirt wird.

Einen grossen Einfluss auf die Harnsäurebildung übt das Erhitzen der Pulpa auf 100° C. Verwendet man nämlich bei einem Versuche eine Partie einer ganz frischen, noch lebendige Elemente enthaltenden Pulpa und beim zweiten Versuche eine zweite Partie derselben Pulpa nach dem Erhitzen derselben auf 100° C., so erhält man im zweiten Falle viel weniger Harnsäure.

450 *g* Blut und 60 *g* auf 100° C. erhitzte Milzpulpa gaben nach dem Erwärmen und Durchleiten von Luft durch 5 Stunden und nachherigem Stehenlassen durch 8 Stunden 16·0 *mg*, während die Controlprobe, enthaltend dieselbe Menge Blut, aber nichterhitzte Milzpulpa, nach derselben Behandlung 78·1 *mg* Harnsäure lieferte.

450 *g* Blut und 45 *g* auf 100° C. erhitzte Milzpulpa gaben nach dem Erwärmen und Durchleiten von Luft durch 6 Stunden und nachträglichem Stehen durch 13 Stunden 32·3 *mg*, während die Controlprobe desselben Blutes und derselben Milzpulpa nach ebensolcher Behandlung 51·9 *mg* Harnsäure gab.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass bei der Behandlung der erhitzten Pulpa mit frischem Blute weniger Harnsäure entsteht als bei Verwendung von frischer Pulpa. Es ist nicht anzunehmen, dass durch einfaches Erhitzen der Pulpa auf 100° C. die Vorstufen der Harnsäure zerstört werden sollten, weil, wie oben berichtet, das durch Auskochen der Pulpa mit Wasser erhaltene und stark eingedampfte Extract, mit Blut behandelt, Harnsäure lieferte. Eine sichere Erklärung dieses Versuches ist vorläufig nicht möglich; vielleicht bilden sich in der frischen, lebendige Elemente enthaltenden Pulpa bei Behandlung mit Blut die Vorstufen der Harnsäure weiter, während die Bildung derselben in gekochter Pulpa aufgehoben ist, aus welchem Grunde im ersten Falle mehr, im zweiten Falle weniger Harnsäure gefunden wird.

Schliesslich muss noch über eine Beobachtung berichtet werden, die von Wichtigkeit ist. Die Harnsäure wird nämlich

bei der Fäulniss ziemlich rasch zerstört. Es wurden zu 500 *g* defibrinirten Kalbsblutes 200 *mg* harnsaures Natron zugesetz und das Blut durch 3 Tage bei 20—25° C. stehen gelassen, wobei dasselbe in Fäulniss gerieth. Die Untersuchung desselben ergab nur Spuren von Harnsäure. Ähnliches wurde auch mit der Milzpulpa beobachtet. Wurde Milzpulpa mit Blut gemischt, die Mischung mit fauler Flüssigkeit inficirt, auf 40° C. erwärmt und in der Wärme stehen gelassen, bis intensivere Fäulniss auftrat, so wurde schon nach 24 Stunden in derselben keine Harnsäure gefunden. Daraus geht hervor, dass man sich bei Anstellung der Versuche mit Pulpa und Blut vor intensiverer Fäulniss hüten muss, weil sonst sogar ganz negative Resultate erhalten werden können.

Die oben mitgetheilten Versuche wurden mit Milzpulpa und Blut von jungen Kälbern ausgeführt, können daher nicht ohne Weiteres auf den Menschen bezogen werden, da es sich möglicher Weise beim Menschen doch um andere Verhältnisse handelt. Um diese Frage zu prüfen, wurde ein Versuch mit Menschenblut und Menschenmilzpulpa angestellt. Das Blut wurde einem starken, an chronischem Eccem der Hände leidenden, sonst aber gesunden Manne durch Aderlass entzogen und defibrinirt. Die Milz stammte aus der Leiche eines an Tuberculose verstorbenen Mannes und war, wie selbstverständlich, nicht frisch.

300 *g* Menschenblut und 75 *g* Pulpa durch 9 Stunden auf 40° C. erwärmt und mit Luft behandelt, dann durch 15 Stunden bei Zimmertemperatur stehen gelassen, gaben 8·6 *mg* Harnsäure, während in der sofort verarbeiteten Controlprobe (130 *g* desselben Blutes und 35 *g* derselben Pulpa) keine bestimmbare Menge der Harnsäure enthalten war. Es lieferte daher die Menschenmilzpulpa und Blut relativ viel weniger Harnsäure als bei analogen Versuchen mit Kälbermilzpulpa und Blut erhalten wurde. Der Versuch fiel aber doch positiv aus, woraus daher auf ähnliche Verhältnisse beim Menschen, wie sie beim Kalbe gefunden wurden, geschlossen werden kann. Die relativ geringe Harnsäurebildung dürfte sich zur Genüge dadurch erklären, dass die Milz nicht frisch war, und dass dieselbe der Leiche eines an

Auszehrung gestorbenen Menschen entstammte, was auch nicht gleichgiltig sein dürfte.

Nachdem die im Vorstehenden mitgetheilten Versuche ergeben haben, dass bei Einwirkung frischen Blutes auf Milzpulpa, beziehungsweise die lymphatischen Elemente derselben, sich Harnsäure bildet, und nachdem andererseits durch zahlreiche Beobachtungen sichergestellt ist, dass bei der Leukämie, bei welcher Erkrankung die Zahl der lymphatischen Elemente (vor Allem der Leucocythen) im Blute bedeutend vermehrt ist, auch die Harnsäureausscheidung bedeutend vermehrt ist, ist der Schluss gerechtfertigt, dass der Grund der erwähnten Vermehrung der Harnsäurebildung wenigstens bei der linealen Leukämie durch die Anwesenheit einer grösseren als normalen Menge der lymphatischen Elemente im Blute liegt. Es wäre übrigens möglich, dass die Harnsäure zum Theile schon in der riesig vergrösserten Milz entsteht, jedoch jedenfalls nicht in grosser Menge, da in der Milz nur Spuren von Harnsäure gefunden werden.

Es ist naheliegend, diese Verhältnisse zur Erklärung der Harnsäurebildung beim Säugethiere in der Norm heranzuziehen und anzunehmen, dass die Harnsäurebildung beim Säugethiere auch in der Norm durch Einwirkung lebendigen Blutes auf die in demselben constant enthaltenen lymphatischen Elemente (vor Allem Leucocythen) erfolgt. Zu Gunsten dieser Annahme können folgende Thatsachen angeführt werden: Es ist bekannt, dass die Zahl der Leucocythen im Blute im nüchternen Zustande relativ gering ist, und dass dieselbe sofort nach der Nahrungsaufnahme bedeutend steigt. Die neueren Untersuchungen von Hofmeister und von seinem Schüler Pohl[1] ergaben, dass nach Aufnahme eiweissreicher Nahrung eine bedeutende „Verdauungsleucocythose“ auftritt, die aber in kurzer Zeit abklingt.

Andererseits ergaben andere Beobachtungen, dass die Harnsäureausscheidung während des Hungers vermindert, sofort nach der Nahrungsaufnahme dagegen bedeutend vermehrt ist. Schon vor 35 Jahren beobachtete H. Ranke,[2] dass die Harnsäureausscheidung während des Hungers gering ist, dass dieselbe

[1] Archiv für experim. Path. und Pharm., 25.

[2] Beobachtungen und Versuche über die Ausscheidung der Harnsäure. Habilitationsschrift, München 1858.

nach der Nahrungsaufnahme sofort bedeutend steigt, um aber nach einigen Stunden auf ein geringes Maass abzufallen. In neuerer Zeit machte dieselbe Beobachtung Mareš,[1] der während des Hungers eine verminderte, sofort nach der Nahrungsaufnahme aber eine bedeutend vermehrte Harnsäureausscheidung, die aber nur kurze Zeit andauerte, fand. Diese Beobachtungen ergeben, dass zwischen der Menge der Leucocythen im Blute gesunder Menschen und der Menge der von denselben durch den Harn ausgeschiedenen Harnsäure ein Parallelismus besteht. Ein ähnlicher Parallelismus ergibt sich, wenn man die Angaben über die Zahl der Leucocythen im Blute von Menschen verschiedenen Alters, Geschlechtes, Ernährung etc. mit den Angaben über die Ausscheidung der Harnsäure bei solchen Menschen vergleicht. Kinder haben mehr Leucocythen im Blute als Erwachsene, scheiden auch relativ mehr Harnsäure als Erwachsene aus. Frauen haben weniger Leucocythen im Blute, scheiden auch relativ weniger Harnsäure als diese aus. Gut genährte Individuen haben im Blute mehr Leucocythen als schlecht genährte, scheiden auch mehr Harnsäure als diese letzteren aus u. dergl. Diese Andeutungen mögen vorläufig genügen, um darzuthun, dass es nicht ungerechtfertigt ist, anzunehmen, dass beim Säugethiere auch in der Norm die Harnsäurebildung im Blute durch Einwirkung desselben auf die Leucocythen vor sich geht.

Die definitive Entscheidung dieser Frage, sowie die Deutung aller, die Harnsäureauscheidung bei verschiedenen Krankheiten und bei Einwirkung verschiedener Stoffe auf den Organismus betreffenden Befunde muss weiteren Untersuchungen überlassen bleiben.

An die oben mitgetheilten Versuche knüpfen sich so zahlreiche Fragen, dass die Lösung derselben längere Zeit erfordern dürfte.

Weitere Versuche sind bereits im Gange und dürften einige bald zur Mittheilung gelangen, so namentlich Versuche über das Verhalten der lymphatischen Elemente anderen Ursprunges, beziehungsweise der Organe, die dieselben enthalten, sowie über das Verhalten anderer Gewebselemente des Säugethierkörpers bei Einwirkung frischen Blutes.

[1] Sbornik lék., II, 1887.

Über den feineren Bau fossiler Knochen

von

Dr. Josef Schaffer,

Assistent am histologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 2 Tafeln.)

Seit wir die verwickelte, feinere Structur des Knochengewebes genauer kennen, hat es noch Niemand versucht, diese Erfahrungen auf fossile Knochen zu übertragen und an diesen wieder zu finden, obwohl es durch frühere Untersuchungen bekannt war, wie gut viele fossile Knochen oft die feinsten, histologischen Details bewahren und obgleich wir sehen werden, dass das Experiment, welches die Natur mit manchem petrificirenden Knochen vorgenommen hat, ein werthvoller Beweis ist für unsere heutige Auffassung der feinsten Knochenstructur.

Die ersten Untersuchungen fossiler Knochen und Zähne, wodurch Agassiz [1]) und Owen [2]) eine neue und sehr bedeutende Richtung in der vergleichenden Wirbelthierphylogenese geschaffen haben, beschränkten sich naturgemäss zunächst auf die gröbere Morphologie derselben; aber schon diese Forscher betonen den guten Erhaltungszustand ihres Objectes, die Übereinstimmung der Structur fossiler Zähne mit der recenter, wobei sie aber nur äussere Formverhältnisse und Vertheilung und Anordnung von Schmelz, Dentin und Cement im Sinne hatten.

Selbst Quekett [3]) und Hasse [4]), von denen ausgedehnte Untersuchungen über fossile Knochen und Zähne vorliegen, machen

---

1 Recherches sur les poissons fossiles. Neuchâtel 1833 — 1843.

2 Odontography. London 1840 — 1845.

3 Transactions of the Microskopical Society of London. Vol. II. 1849.

4 Morphol. Jahrbuch. Bd. II. 1876.

keine genauere Angabe über die feinere Structur und begnügen sich zu erwähnen, dass die feinsten Höhlen der Knochen, einerseits die sogenannten Knochenkörperchen und die Gefässcanäle, anderseits die Höhlen des verkalkten Knorpels mit diesem oder jenem Füllsel erfüllt sind.

Aeby Ch. hat nun zuerst in einer Arbeit[1], der auch theilweise die vorangehenden Mittheilungen entnommen sind, eine grosse Reihe von fossilen Knochen und Zähnen genauer untersucht, um sich nach seinen Worten zunächst aus eigenem Augenschein ein Urtheil über die Vollkommenheit der Erhaltung zu bilden und wohl auch in der Hoffnung, entsprechend dem hohen geologischen Alter der ältesten Formen, auch Verschiedenheiten in der Structur im Vergleiche zu recenten Knochen zu finden. Bald jedoch wandte auch Aeby sein Augenmerk der Füllung der Zellhöhlen und Gefässcanäle zu und kam zu dem interessanten Ergebniss, dass die feinen Gewebslücken bei der Versteinerung sehr oft frei bleiben und dass dort, wo eine Ausfüllung stattfindet, die ausfüllende Masse von der petrificirenden verschieden ist, eine Erfahrung, welche auch meine Untersuchungen bestätigen. So kam Aeby auf Grund mikroskopischer Untersuchungen zu dem wichtigsten Resultate seiner Arbeit, nämlich zur richtigen Auffassung des Versteinerungsprocesses sklerosirter Gewebe, welcher nach ihm zwei wohl zu unterscheidende Vorgänge in sich schliesst: eine molekuläre Substitution der Grundsubstanz durch die petrificirende Masse, also eine chemische Metamorphose und eine rein mechanische Ausfüllung der gröberen und feineren Gewebelücken durch Mineralbestandtheile von Aussen, die jedoch auch nur eine partielle sein kann.

Mit der eigentlichen Histologie unserer Untersuchungsobjecte hat also auch das wichtige Ergebniss der Arbeit Aeby's nichts zu thun; wohl aber finden wir am Schlusse seiner Abhandlung zwei Bemerkungen, welche uns unmittelbar auf histologisches Gebiet führen, und welche ich daher besonders hervorheben muss.

Von Wichtigkeit ist die Mittheilung, welche Aeby über eine chemische Analyse fossiler Knochen und Zähne macht, aus welcher sich ergibt, dass die in den Hohlräumen abgelagerten Massen sich grösstentheils als Eisenverbindungen, und zwar in Form von Eisen-

[1] Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. XV. 1878.

oxyd und Schwefelkies darstellen und dass ausserdem noch ein organischer Rest (bei den Zähnen von *Polyrhizodus*, *Pycnodus*, *Strophodus* und *Madriosaurus* 2—3 %) nachzuweisen sei.

Diese letztere Angabe mit der Bemerkung Aeby's zusammengehalten, dass die Fähigkeit der Doppelbrechung der untersuchten Gewebe (welche Untersuchung Prof. Valentin an Knochen von *Aceratherium* und Zahngewebe von *Madriosaurus* vorgenommen hatte) nicht die geringste Veränderung erlitten habe, gewinnt im Lichte der erweiterten Kenntnis über feinere Knochenstructur und die damit zusammenhängenden Polarisationserscheinungen ein besonderes Interesse und soll uns im Folgenden vorzüglich beschäftigen.

Wie allgemein bekannt, hat die polarisationsmikroskopische Untersuchung durch die Arbeiten v. Ebner's eine hervorragende Bedeutung für das Studium der Knochenstructur gewonnen, da man nun die innigen Beziehungen zwischen den mannigfachen Polarisationsbildern und dem feinsten Aufbaue ziemlich genau kennt. Leider wird die Wichtigkeit dieses Abhängigkeitsverhältnisses, welches auch für die anderen anisotropen Gewebe gilt, noch immer zu wenig gewürdigt.

Wer mit den Polarisationserscheinungen des Knochengewebes einigermassen vertraut ist, kann bei Knochenuntersuchungen aus denselben oft leicht auf vorhandene Structurverhältnisse schliessen, die vielleicht sonst nur durch eine umständliche und mühsame Präparation nachzuweisen sind.

Da auch wir uns im Folgenden des Öfteren des Polarisationsmikroskopos bedienen werden, so halte ich es für angezeigt, die wichtigsten Sätze, die bei der Untersuchung normalen Knochengewebes im polarisirten Lichte unzweifelhaft festgestellt worden sind, vorauszuschicken, wobei ich im Übrigen auf die Specialarbeiten v. Ebner's [1] verweise.

---

[1] Untersuchungen über das Verhalten des Knochengewebes im polarisirten Lichte, Sitzgsber. d. k. Akad 70. Bd. 1874. — Über den feineren Bau der Knochensubstanz, ibid. 72. Bd. 1875. Über Ranvier's Darstellung der Knochenstructur etc., ibid. 75. Bd. 1877. — Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organisirter Substanzen. Leipzig 1882. — Sind die Fibrillen des Knochengewebes verkalkt oder nicht? Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. 29. 1887.

Die Knochensubstanz ist positiv, optisch einaxig doppelbrechend und die optische Axe fällt mit der Richtung der Fibrillen zusammen. Für lamelläres und parallelfaseriges Knochengewebe kann auch der lange Durchmesser der Knochenkörperchen als optische Axe gelten, da er hier mit der Fibrillenrichtung zusammenfällt [1]; beim geflechtartigen Knochengewebe ist eine solche Beziehung nicht vorhanden. Das positiv doppelbrechende Element ist die leimgebende Knochenfibrille.

Orientirt man also einen Knochenlängsschliff über eine Gypsplatte, die zwischen gekreuzten Nikols Rot. I. O. gibt, so dass die Fibrillenrichtung zusammenfällt mit der ersten Mittellinie der Gypsplatte, so wird er in steigenden Farben in der darauf senkrechten Richtung in sinkenden Farben erscheinen.

Wird ein reiner Querschliff auf diese Weise untersucht, so erscheinen die Havers'schen Lamellensysteme entweder in allen Azimuthen neutral, also in der Farbe der Gypsplatte, in welchem Falle die Fibrillen parallel dem Havers'schen Canale verlaufen, also am Querschliff noch rein quer getroffen werden, oder sie zeigen sogenannte negative Kreuze, wenn die Knochenfibrillen tangential und senkrecht gegen die Längsrichtung des Havers'schen Canals gestellt sind, in welchem Falle natürlich auch die optische Axe tangential läuft.

Schrägschliffe Havers'scher Lamellensysteme mit längslaufenden Fibrillen wirken einheitlich positiv oder negativ in Bezug auf die Längsaxe ihres elliptischen Querschnittes. Das ganze System erscheint also in steigender Farbe, gewöhnlich Blau II. O., wenn die Längsaxe der Ellipse in die Additionsrichtung fällt, dagegen in sinkender Farbe, gewöhnlich Gelb I. O., wenn sie darauf senkrecht steht. Lamellensysteme, die am Querschliffe Kreuze geben, zeigen sie auch am Schrägschliffe.

Schnitte durch entkalkten Knochen bieten wesentlich dieselben Erscheinungen dar.

Wie verhalten sich aber Schliffe, in denen die Fibrillen zerstört sind?

---

[1] Für einige fossile Knochen scheint diese Beobachtung nicht zu gelten. Vergl. S. 328 und 343.

Bei Valentin[1] finden wir darauf die merkwürdige Antwort, dass veraschte Längsschliffe theils positiv, theils negativ in Bezug auf die Längsaxe wirken. Die befriedigende Erklärung dieser eigenthümlichen Erscheinung hat erst v. Ebner gegeben, indem er den Nachweis lieferte[2], dass an den lufterfüllten Fibrillenröhrchen geglühter Knochen Beugungserscheinungen auftreten, welche durch Interferenz die gleichsinnigen Farben geben, wie sie durch die Doppelbrechung der Fibrillen des Knochens entstehen.

So zeigt ein Knochen, bei dem an Stelle der Fibrillen Luft getreten ist, unter dem Polarisationsmikroskope in der Additionslage ganz ähnliche steigende Farben, wie fibrillenhältige Knochen. Die Interferenzwirkung täuscht also hier eine scheinbare, positive Doppelbrechung vor.

Dass dem wirklich so ist, wird klar, wenn man die Bedingungen für das Auftreten von Beugungserscheinungen, das Wechseln von stärker und schwächer lichtbrechenden Stellen durch Zusatz immer stärker lichtbrechender, den Knochen gleichmässig durchdringender Flüssigkeiten möglichst entfernt.

Schon bei Zusatz von Wasser und Alkohol sinken die Farben; in Glycerin untersucht, erscheint der Schliff fast neutral und in Nelkenöl oder Canadabalsam endlich erscheinen die Schliffe, nachdem diese stark lichtbrechenden Substanzen die Hohlräume des Knochens gleichmässig erfüllt und die Veranlassung zu Beugungserscheinungen behoben haben, negativ doppelbrechend; die Stellen, welche vor der Zerstörung der Fibrillen in der Additionslage in steigenden Farben erschienen, erscheinen jetzt in den sinkenden und umgekehrt.

Die Doppelbrechung hat also durch die Zerstörung der Fibrillen eine gewaltige Veränderung, geradezu eine Umkehrung erlitten.

Und diese Erscheinung der negativen Doppelbrechung bleibt constant, durch welche Substanz immer man die Beugung behebt, was wiederum beweist, dass sie in dem optischen Charakter der verkalkten Kittsubstanz bedingt ist, die also für sich negativ einaxig doppelbrechend ist.

---

[1] Die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe im polarisirten Licht. Leipzig 1861. S. 261.

[2] Sind die Fibrillen des Knochengewebes verkalkt oder nicht? Arch. f. mikr. Anat. Bd. 29. S. 227 ff.

Die Zerstörung der Fibrillen erreicht man künstlich durch Veraschen, Auskochen in Wasser oder Alkalien in kurzer Zeit; in der Natur ging ein solcher Auflösungsprocess an den fossilen Knochen vor sich, nur wird hier die Intensität der Einwirkung durch die Länge der Zeit ersetzt.

Bereits Schlossberger[1] erwähnt bei der Besprechung der von v. Bibra hervorgehobenen Thatsache, dass Höhlenbärenknochen schon nach wenigen Minuten Leim geben (worauf wir noch zurückkommen), dass hier das Moment der Zeit die mangelnde Erhitzung ersetzt zu haben scheine, wie auch sonst dieses Moment bei chemischen Naturvorgängen, anscheinend schwache Agentien (Luft, Wasser) die stärksten, chemischen Wirkungen ausüben lässt.

Es ist also a priori recht gut denkbar, dass man fossile Knochen findet, an denen die Doppelbrechung entweder unverändert ist oder es wenigstens zu sein scheint, und zwar sind da drei Fälle möglich: 1. Entweder sind die Fibrillen in denselben erhalten, oder 2. es ist noch Leim in getrocknetem, gespanntem Zustande in den Fibrillenröhrchen, der dann natürlich auch im Sinne der Fibrillen wirkt, oder 3. die Fibrillen sind zerstört und an ihre Stelle ist Luft getreten, wobei dann eine fälschlich als unveränderte Doppelbrechung aufgefasste Interferenzerscheinung auftritt.

Überlegt man nun, welche dieser drei Möglichkeiten der Angabe Aeby's, beziehungsweise Valentin's zu Grunde gelegen haben mag, so spricht für die erste einerseits die bekannte Thatsache, dass die gute Erhaltung der Structur fossiler Knochen vielfach betont wurde, und anderseits die dünnen Fibrillen in engen Kalkröhrchen so wohl verwahrt sind, dass sie bekanntlich äusseren zerstörenden Einflüssen lange Widerstand leisten und noch in macerirten und lange unter der Erde gelegenen Knochen nachzuweisen sind.[2]

Gegen ein häufiges Vorkommen dieser Art, und zwar als viel stärkeres Argument, spricht jedoch die erwähnte, gewaltige, zer-

---

[1] Thier-Chemie. Leipzig und Heidelberg 1856. S. 20

[2] v. Ebner giebt in seiner S. 5 citirten Abhandlung S. 230 an, dass ein Schliff, der 7 Stunden bei 120° ausgekocht wurde, noch einige positiv wirkende Stellen zeigte, woraus er schloss, dass an diesen Stellen die leimgebenden Fibrillen noch nicht zerstört seien.

störende Wirkung so bedeutender Zeiträume, welcher unsere Objecte unterlegen haben.

Die zweite Annahme trifft für einzelne Fälle gewiss zu, was am deutlichsten aus der citirten Beobachtung v. Bibra's[1] hervorgeht, aber unmöglich kann man annehmen, dass die Zerstörung der leimgebenden Fibrillen bei allen fossilen Knochen gerade auf dieser Stufe stehen geblieben sei.

So bleibt uns für die überwiegende Mehrzahl der fossilen Knochen nur die dritte Annahme, in welchem Falle dann jedoch die Angabe Aeby's einer Berichtigung bedarf, wenn sie nicht mit den erläuterten Thatsachen in Widerspruch stehen soll. Ist die scheinbare Doppelbrechung eine positive, also von demselben optischen Charakter, wie beim unveränderten Knochen, so ist sie eben keine Doppelbrechung, sondern nur Interferenzwirkung; ist jedoch eine wirkliche Doppelbrechung vorhanden durch secundäre Einlagerung stark lichtbrechender, die Beugungserscheinungen aufhebender Mineralmassen, wie sie ja beim Versteinerungsprocesse vorkommt, so kann sie nur eine negative, also ebenfalls veränderte sein.

So war es der hauptsächlichste Zweck nachfolgender Zeilen, den Erhaltungszustand der Fibrillen bei fossilen Knochen der verschiedensten geologischen Epochen festzustellen.

Im Laufe der Untersuchungen haben sich aber auch eine Reihe anderer interessanter Fragen an unseren Objecten ergeben, welche jedoch nur so weit sie rein histologischer Natur sind, mit berücksichtigt werden sollen, während ich bei dem mir gesteckten Zeitmasse mancher anderen, nicht minder der genauen Untersuchung werthen Thatsache, als in andere Gebiete gehörig, nur beschreibend Erwähnung thun kann.

Ich gebe nun das Verzeichniss des untersuchten Materials, das ohne besondere Wahl zusammengestellt ist, der für mich wichtigen Anforderung aber genügt, Vertreter verschiedenster Perioden und Erhaltungszustände zu umfassen.

Ich erfülle eine angenehme Pflicht, indem ich an dieser Stelle dem Vorstande des hiesigen geologischen Universitäts-

[1] v. Bibra. Chemische Untersuchungen über die Knochen und Zähne. 1844. S. 400.

institutes, Herrn Prof. Suess und dessen Assistenten, Herrn Dr. Rodler für die gütige Beschaffung des Materials meinen besten Dank ausdrücke.

Betreffs der Methode bemerke ich nur, dass von sämmtlichen Knochen Dünnschliffe in zwei aufeinander senkrechten Richtungen angefertigt wurden, die Untersuchung aber auch an dünnen Splittern, ohne und mit mannigfacher Reagentienbehandlung, vorgenommen wurde.

Lias.

Ichthyosaurus. Adnet bei Salzburg. Wirbel und Röhrenknochen.

Obere Kreide. (Gosauschichten.)

Crocodilus proavus. Wirbel.

Crataeomus. Rippe.

Eocaen.

Halitherium veronense. Rippe. Oberitalien.

Oligocaen.

Halitherium Schinzi. Rippe. Mainz.

Miocaen.

Halitherium (crassum). Rippe. Niederösterreich.

Mastodon. Grosser Röhrenknochen. Niederösterreich.

Halitherium Christoli. Wirbel. Niederösterreich.

Jüngeres Miocaen.

Unbestimmter Wal. Wirbel. Niederösterreich.

Unterpliocaen.

Antilopenknochen. Pikermi.

Unbestimmter Röhrenknochen. Samos.

Jung-Pliocaen.

Hippopotamus. Rippe. Röhren- und Schädelknochen. Creta.

Diluvium.

a) Sus scropha, os palatinum.

b) Reh? os zygomaticum.

c) Unbestimmte Gesichtsknochen. Laibacher Moor.

Arvicola. Unterkiefer. Zuzlavic. Böhmen.

Ursus spelaeus. Alveole des Unterkiefereckzahns. Mährische Höhle.

Lias.

Ichthyosaurus. Wirbel- und Röhrenknochen. Fundort: Adnet bei Salzburg.

Bei makroskopischer Betrachtung zeigen die Schliffe ein rothes und ein schwarzes Geäder, welches letztere oft so dicht verflochten ist, dass der ganze Schliff schwarz, fast undurchsichtig erscheint.

Bei mikroskopischer Untersuchung findet man an vielen Schliffen keine Spur mehr von Knochenstructur, sondern eine undurchsichtige, von weissen, rothen und schwarzen Adern, hie und da auch von Bändern krystallinischen Kalkspaths durchsetzte oder besser zusammengesetzte Grundsubstanz, welche ihren ursprünglichen Knochencharakter nur mehr durch die noch erkennbare Anordnung der Havers'schen Canäle verräth.

An anderen Schliffen findet man in dieser veränderten Grundsubstanz spärliche Stellen, welche wohlerhaltene Knochenstructur zeigen und durch ihre Durchsichtigkeit sich lebhaft von der umgebenden, opaken Masse abheben.

An Querschnitten sieht man hier deutliche Lamellenanordnung um die Havers'schen Canäle, welche oft um so deutlicher wird, als die einzelnen Lamellen durch eigenthümliche Spalträume getrennt werden, welche theils Luft, theils braune Körnchen enthalten, die sich als identisch mit der Masse erweisen, welche zum Theil auch die Havers'schen Canäle und Knochenzellhöhlen erfüllt. Dort, wo die Lamellen auf grössere Strecken der Länge nach getroffen sind, kann man oft wohl auch eine deutliche Längsstreifung derselben bemerken, welche uns den für die polarisationsmikroskopische Untersuchung wichtigen Fibrillenverlauf anzeigt.

Ein eigenthümliches Gepräge verleihen diesem Knochen die Knochenzellhöhlen; sie sind oft auffallend gross, unregelmässig und lassen das relativ feste Verhältniss zwischen ihren drei Durchmessern, welches andere, lamelläre Knochen auszeichnet, ver-

missen. Sie gleichen darin mehr den Knochenzellhöhlen kindlichen Knochens, und zwar nicht nur in der Form, sondern, was bei der deutlich ausgeprägten lamellären Structur der Grundsubstanz besonders abweichend erscheint, auch in ihrer Vertheilung; es besteht keine bestimmte Richtung nach dem Fibrillenverlauf, oft liegen sie mit ihrem längsten Durchmesser schräg oder wohl gar quer zu demselben, ein Verhältniss, wie wir es sonst nur beim geflechtartigen Knochen kennen.

Was den Inhalt dieser Knochenzellhöhlen anlangt, so sind sie theils mit Luft, theils mit jenen dunkelbraunen oder rothen Massen erfüllt, welche wir in den Havers'schen Canälen finden. Die Knochencanälchen sind an meinem Präparat grösstentheils mit Kalk erfüllt; in den wenigen Fällen, wo sie nachzuweisen sind, contrastiren sie durch ihre Zartheit gegen die weiten Zellhöhlen.

Diese Reste von Knochengewebe besitzen nun noch eine ziemlich starke Doppelbrechung. Über der Gypsplatte Roth I. O. untersucht zeigen reine Querschliffe Havers'scher Systeme ein sogenanntes positives Kreuz, d. h. die in die Additionsrichtung fallenden Quadranten erscheinen in steigenden Farben, die darauf senkrechten in sinkenden. Aus dem in der Einleitung Mitgetheilten wissen wir, wie solche positive Kreuze zu deuten sind.

Havers'sche Systeme, der Länge nach getroffen und mit ihren Fibrillen der ersten Mittellinie der Gypsplatte parallel gestellt, zeigen lebhaft sinkende Farben, in der darauf senkrechten Richtung steigende.

Der Knochen ist also negativ doppelbrechend, er verhält sich, wie ein Knochen, dessen Fibrillen zerstört sind. Bei Salzsäurezusatz lösen sich solche Partien vollkommen auf.

Der weitaus überwiegende Theil des Knochens hat aber seine Structur verloren und erweist sich als stark depolarisirend, mit Ausnahme jener Gefässcanäle, welche mit krystallinischem Kalkspath erfüllt sind. So gelingt es also leicht, mittelst des Polarisationsmikroskopes den geringsten Rest erhaltener Knochenstructur nachzuweisen.

Betrachten wir nun diese veränderte Knochensubstanz näher, so fällt uns zunächst ihr undurchsichtiges, opakes Aussehen auf und die mannigfach dendritischen, schwarzbraunen und ziegel-

rothen Geflechte, welche sie durchsetzen. Aber selbst dort, wo sie vollkommen weiss erscheint, zeigt sie kein homogenes Ansehen, sondern bei starker Vergrösserung werden mannigfach gekrümmte und verschlungene Contouren wahrnehmbar, welche ganz regellos neben und durcheinander laufen.

Um einen Anhaltspunkt zur Beurtheilung dieses sonderbaren Bildes zu gewinnen, müssen wir die Partien näher in Auge fassen, wo dieses veränderte Knochengewebe an wohl erhaltenes stösst. Da sieht man, meist von den Havers'schen Canälen oder einem dichten Geflecht um dieselben ausgehend, handschuhfingerförmige Aussackungen oder mit brauner Masse erfüllte kurze, oft gegabelte oder unregelmässig verzweigte Gänge in die durchsichtige Knochengrundsubstanz sich fortsetzen, welche in ihrem Verlaufe und an ihren Enden oft mässige, ampullenförmige Aussackungen besitzen und im Ganzen fast den Eindruck von Bohrgängen machen. Sie durchsetzen hier regellos die Knochensubstanz, ihre Structur unterbrechend, sind offenbar etwas von der verkalkten Grundmasse Verschiedenes und bilden überall dort, wo die Knochenstructur verloren gegangen ist, ein so dichtes Geflecht, dass ihre Wandungen nur durch eine äusserst spärliche Masse von Kittsubstanz, den letzten Rest der verkalkten Knochengrundsubstanz, getrennt werden. Nirgends jedoch kann man ein Verschmelzen ihrer Wände constatiren.

Versetzt man ein kleines Schliffstück oder einen Splitter dieser veränderten Knochensubstanz mit starker Salzsäure, so löst sich nur die Kittsubstanz, während die Ausgüsse der vermeintlichen Bohrgänge sammt den ihnen innig anhaftenden braunen und rothen Massen isolirt und durch die sich entwickelnde Kohlensäure auseinandergeschleudert werden, so dass man nun Form und Grösse derselben bequem studieren kann.

Es sind cylindrische, kurzfadenförmige, hie und da mit stumpfen Vortreibungen versehene Gebilde von schwankendem Durchmesser; aus 20 Messungen ergab sich als Mittel für denselben $6 \cdot 52 \mu$, als Maximum $11 \cdot 2 \mu$, als Minimum $2 \cdot 8 \mu$.

Über ihre Länge kann man keine genaueren Angaben machen, da sie durch die rapide Kohlensäureentwicklung meist abgerissen werden.

Bei der Beobachtung dieses Vorganges unter dem Mikroskope gelang es mir nie ein Lumen an diesen Fäden nachzuweisen, obwohl an vielen dunkle Körnchen wahrgenommen werden, die allem Anscheine nach Inhaltskörper sind, besonders dort, wo sie den ganzen Ausguss zu bilden scheinen; an anderen sieht man jedoch deutlich solche Körnchen nur äusserlich anhaften. Bringt man einige solche Fäden isolirt unter ein Deckglas und zerdrückt sie während der Beobachtung mit einer feinen Nadel, so zersplittern sie, wie dünne Glasfäden. Dementsprechend gelang es mir auch nie einen Doppelcontour oder Quersepta an ihnen zu entdecken. Ich kann diese Fäden also augenblicklich nur für solide Ausgüsse sonderbarer Bohrgänge im Knochen halten und erwähne zur Charakterisirung ihrer Natur nur noch als objective Befunde, dass sie von 30% Kalilauge arrodirt und endlich fast ganz aufgelöst werden, dass auch kochende, concentrirte Salzsäure dieselben zerstört und dass sie unter dem Polarisationsmikroskope keine nachweisbare Doppelbrechung zeigen, ein Befund, der bei einer genaueren Bestimmung ihrer Natur nicht ausser Acht gelassen werden darf, ebensowenig, wie die schliessliche Beobachtung, dass sie manche Havers'sche Gefässcanäle, deren Contouren noch deutlich sind, so dicht erfüllen, wie sie anderswo an Stelle der verkalkten Knochensubstanz getreten sind.

Ich habe mich mit der Besprechung dieser eigenthümlichen Gebilde etwas länger aufgehalten, weil es vielleicht Vielen von vorneherein gar nicht fraglich geschienen haben wird, dass wir es hier mit dem von Roux[1] entdeckten und beschriebenen *Mycelites ossifragus* zu thun haben; er giebt auch an, denselben im Knochen eines *Ichthyosaurus* aus der Kreide von Südindien und eines solchen aus dem Reifflinger Kalk gefunden zu haben, während er ihn an drei Exemplaren aus dem Jura nicht nachweisen konnte.

So sehr nun die Beschreibung Roux's theilweise auf unsere Gebilde passt, ergeben sich doch anderseits so viele Verschiedenheiten, dass man an eine Identificirung nicht denken kann.

---

[1] Über eine im Knochen lebende Gruppe von Fadenpilzen (*Mycelites ossifragus*). Zeitschrift f. wissensch. Zoolog. 45. Bd. 1887.

Der Mangel eines Lumens, der Quersepta, der sporenähnlichen Inhaltskörper, besonders jedoch der Vergleich mit anderen, ähnlichen Bildungen, die man nach Roux zweifellos als *Mycelites*-Formen bezeichnen muss, überzeugten mich von der verschiedenen Natur der beschriebenen Gebilde.

Wir kommen auf diese interessante Frage noch einmal zurück, wenn wir noch andere Formen solcher Bohrgänge in fossilen Knochen kennen gelernt haben und müssen uns vorläufig jeder Deutung enthalten.

Kreide.

Crocodilus proavus. Dorsalwirbel. Fundort: Gosau.

Der Wirbel besitzt ein auffallend grosses Gewicht und seine Oberfläche glänzt stellenweise, z. B. am Gelenkkopf, vollkommen metallisch, speisgelb. An den Bruchflächen sieht man die Hohlräume des Knochengewebes mit Schwefelkieskrystallen erfüllt; oft bildet der Schwefelkies nur einen Wandbelag, während das Lumen mit Kalkspath erfüllt ist.

Es gelingt schwer, durchsichtige Schliffe herzustellen, da der Knochen hochgradig brüchig ist.

Das Knochengewebe ist grösstentheils histologisch sehr gut erhalten, Havers'sche Lamellensysteme, Schaltlamellen und Kittlinien treten scharf hervor. Es erscheint theils tiefbraum gefärbt, wobei dann in den Lamellensystemen oft hellere und dunklere Bänder, den einzelnen concentrischen Lamellen entsprechend, abwechseln, wodurch dann die lamelläre Structur um so schärfer hervortritt, theils erscheint es schwarz, undurchsichtig, nur mehr im reflectirten Licht als Knochengewebe erkenntlich.

Die Knochenzellhöhlen sind grösstentheils leer, ohne wahrnehmbare Ausläufer; nur an einigen Stellen treten sie sammt den Knochencanälchen sehr plastisch hervor durch eine Ausfüllung mit schwarzer Masse, was sie auch immer viel grösser erscheinen lässt, als die mit Luft, beziehungsweise Balsam erfüllten. Untersucht man das Gewebe an seinen durchsichtigsten Stellen auf seine Doppelbrechung, so kann man an längsverlaufenden Schaltlamellen, die man senkrecht zur ersten Mittellinie des Gypsplättchens orientirt hat, eine sinkende Farbe, ein ziemlich dunkles

Grün wahrnehmen; an einzelnen, quergetroffenen, Havers'schen Systemen tritt ein positives Kreuz in derselben Farbe auf. Die sinkende Farbe in den darauf senkrechten Richtungen kommt wegen der intensiven Färbung des Gewebes selbst nur undeutlich zur Wahrnehmung, wie ja auch das Grün nur ein Mischeffect der braungelben Eigenfarbe und der blauen Polarisationsfarbe ist.

Diese Störung ist an sehr dünnen Schliffsplittern geringer, und an diesen kann man die negative Doppelbrechung des Knochens deutlich wahrnehmen. Versetzt man einen Splitter dieses Knochens mit Salzsäure, so löst sich ein Theil desselben auf; ein Theil bleibt ungelöst, und zwar in Form brauner Detritusmassen, welche oft membranenartig sind und an die Auskleidungen der Gefässcanäle erinnern oder aber sich als Fragmente der Knochengrundsubstanz erweisen, welche hier durch die petrificirende Masse in einen für Säure unlöslichen Zustand versetzt wurden und überdies durch den Mangel der Doppelbrechung ausgezeichnet sind.

Ausserdem werden aber auch die schwarzen Ausgüsse der Knochenzellhöhlen sammt ihren Ausläufern isolirt und gewähren ein sehr zierliches Bild. Diese anorganischen Nachbildungen der Knochenzellen lösen sich bei Salpetersäurezusatz. In Bezug auf den Petrificationsprocess ist noch Folgendes von Interesse.

Die mikrokrystallinische Einlagerung von Schwefelkies in die Havers'schen Canäle kann bei auffallendem Lichte an dem eigenthümlich metallischen Reflexe sehr deutlich erkannt werden; derselbe ist ein ganz anderer, als jener, wie ihn selbt die dunkelsten Stellen des Knochengewebes geben. Um manche Havers'sche Canäle nun erscheint der Knochen selbst an verhältnismässig dünnen Stellen ganz undurchsichtig, und untersucht man diese Stellen im auffallenden Lichte (wobei man auch das auf das Ocular einfallende Licht sorgfältig abblenden muss), so sieht man deutlich den eigenthümlichen Reflex kleinster Schwefelkieskrystalle auch auf Partien der Knochengrundsubstanz übergreifen, von welchen sich unverkieste Stellen auffällig abheben.

Allem Anscheine nach findet hier eine Substitution des Knochengewebes durch den Schwefelkies statt, wodurch sich auch die ausserordentliche Brüchigkeit des Knochens erklärt. Dass Schwefelkies als Versteinerungsmittel pflanzlicher und

thierischer Organismen auftritt, ist eine den Mineralogen bekannte Thatsache.

Crataeomus. Rippe. Fundort: Gosau. Salzburg.

Der makroskopische Habitus ist fast gleich, wie der des Wirbels von *Crocodilus proavus*, nur finden wir weniger Schwefelkies und mehr Kalkspath. Ebenso stimmt der mikroskopische Befund überein. Es ist wohlerhaltenes, schön lamelläres Knochengewebe mit meist leeren, hie und da aber von schwarzer Masse erfüllten Knochenzellhöhlen.

Sehr schwer ist es, am Schliff sich über die Natur der Doppelbrechung Gewissheit zu verschaffen, da die intensive Braunfärbung durch Eisenoxyd selbst an den dünnsten Stellen die Polarisationsfarben deckt. Am besten nimmt man noch am Querschnitte einiger Lamellensysteme einen hellen gelbbraunen Kreuzschenkel wahr, welcher in der ersten Mittellinie der Gypsplatte orientirt ist, daher einem positiven Kreuze entspricht. Deutlich wird die negative Doppelbrechung aber erst wieder an Splittern, an denen die Verlaufsrichtung der Fibrillen nach einer vorhandenen Knochenzellhöhle unzweifelhaft festzustellen ist, da man an diesen auch die steigende Farbe wahrnehmen kann, wenn die Fibrillenrichtung senkrecht zur ersten Mittellinie der Gypsplatte steht.

Behandelt man den Knochen mit Säuren, so bleiben auch Reste optisch inactiver Knochensubstanz, die keine Spur einer Streifung oder Fibrillirung nachweisen lassen, sondern mit ihren leeren Zellhöhlen, wie angeätzte Stücke eines amorphen Minerals erscheinen. Ebenso gelingt es auch hier, die schwarzen Ausgüsse der Knochenzellhöhlen und ihrer Ausläufer mit Salzsäure zu isoliren.

Eocaen.

Halitherium veronense. Rippe. Oberitalien.

Sie besteht aus compactem Knochengewebe, dessen Structur wohl erhalten und dessen Grundsubstanz frei ist von fremden Einlagerungen. Die Knochenzellhöhlen sind grösstentheils mit Luft erfüllt, für Flüssigkeiten leicht durchgängig, ebenso ihre regelmässigen Ausläufer, welche im aufgehellten Schliffe wie feine Fäserchen in der Grundsubstanz erscheinen.

Die Wandungen der Gefässcanäle sind mit einer zusammenhängenden, braunen, im auffallenden Licht hellkorallenrothen Kruste bedeckt, welche hie und da deutliche, ebenso gefärbte Büschel kleiner, nadelförmiger Krystalle einschliesst.

In Säuren löst sich der ganze Knochen spurlos bis auf diese Auskleidung der Gefässcanäle, welche in Form röhrenförmiger Ausgüsse derselben zurückbleibt.

Können wir schon auf Grund dieses Lösungsversuches die Veränderung, welche in der Doppelbrechung eingetreten sein muss, beurtheilen, so wird dieselbe an diesem Knochen sehr schön durch die directe Untersuchung mit dem Polarisationsapparat erkannt, weil die Farben durch keine störende Beimengung gedeckt werden.

Der Fibrillenverlauf richtet sich im Allgemeinen nach den Längsaxen der grösseren, mehr minder parallel streichenden Gefässcanäle. Bringt man den Schliff mit dieser Richtung parallel zur ersten Mittellinie der Gypsplatte, so erscheint er ziemlich intensiv in sinkender Farbe, in der entgegengesetzen Stellung in steigender lebhaft grünlich (längs der grösseren Gefässcanäle) oder blau II. O; wie zu erwarten war, ist auch hier die Doppelbrechung eine negative geworden.

Wir haben bis jetzt die bekannte Thatsache, dass die Rippen der Halitherien und einiger verwandter Sirenen einer Markhöhle und Spongiosa entbehren, ganz ausser Acht gelassen; da wir im Folgenden noch einige andere Halitherienknochen besprechen werden, muss ich hier Einiges darüber bemerken.

So bekannt die Thatsache an und für sich ist, so wenig weiss man über ihren Grund und über den Einfluss, den dieses sonderbare, von vorneherein höchst unzweckmässig erscheinende Verhalten nothwendig auf den übrigen histologischen Bau des Knochens ausüben muss. Die einzige, mir bekannte Erörterung über diesen Gegenstand rührt von Roux her, welcher in einem Referate [1] die möglichen Gründe für das Vorkommen dieser auffallenden Thatsache bei *Rhytina* Stelleri bespricht. Nach seiner Meinung ist dies eine diesen Thieren charakteristische, ganz einzig dastehende Eigenthümlichkeit, welche einen eigenen

[1] Götting. gelehrt. Anzeigen. 1886. Nr. 20. S. 800.

Platz in der Systematik für sie fordert, oder es ist — zu welcher Annahme Roux nach Erfahrungen an anderen Sirenen eher geneigt zu sein scheint — „ein besonders hohes Knochenerhaltungsvermögen oder besonders schwache Knochenzerstörungsmechanismen“ als Grund dieser Erscheinung aufzufassen.

Jedenfalls werden sich aber grosse Abweichungen von der gewöhnlichen Knochenstructur vorfinden, die auch von hohem histologischen Interesse sind. Schon makroskopisch fällt am Querbruch oder an Schliffen der Rippe der Mangel an grösseren Gefässlücken und -Poren auf, sie erscheint, wie ein Stück dichten Marmors.

Bei mikroskopischer Untersuchung überzeugt man sich sehr bald, dass diese Dichtigkeit an vielen Schliffen nicht etwa durch eine secundäre Ausfüllung der Gefässräume bedingt ist, obwohl sich hie und da ein grösserer Havers'scher Canal mit krystallinischem Kalkspath findet, ein Vorkommen, das aber, wie gesagt, an vielen Schliffen fehlt.

Was aber zunächst auffällt, ist die reichliche und enge Anordnung der Gefässcanäle, welche durch die sonderbarsten Schleifen und Schlingen ein so dichtes Gefässnetz bilden, wie wir es bei keinem recenten Knochen finden. (Vgl. Fig. 1.) Die oben erwähnte Orientirung der weiteren Canäle parallel der Längsrichtung der Rippe wird nur bei schwacher Vergrösserung erkenntlich, bei stärkerer erhalten wir immer den Eindruck eines wunderlich verschlungenen, dichten Gefässnetzes, das eine ausgiebige Blutversorgung bedingt haben muss, trotzdem die Durchmesser der Havers'schen Canäle — mit Ausnahme der wenigen grossen, mit Kalkspath erfüllten — im Allgemeinen zurückbleiben hinter denen bei gewöhnlichen Knochen. Fig. 1 soll einen kleinen Abschnitt dieses sonderbaren Gefässcanalsystems darstellen, wobei es mir aber leider nicht gelungen ist, das Körperliche desselben, wie es sich im auffallenden Lichte repräsentirt, anschaulich zu machen.

Durch diese Gefässvertheilung werden immer kleine Inseln von Knochengewebe, die ausserdem reichliche Saftbahnen in den Knochenzellhöhlen und ihren Ausläufern besitzen, allseitig von Gefässen umgrenzt, eine Einrichtung, welche für die genügende

Ernährung eines so dichten Knochens wohl aufkommen konnte. Der Mangel der Markhöhle steht aber weiters in einem schwer lösbaren Widerspruch mit dem, was wir über Knochenwachsthum und Entwicklung heute lebender Thiere wissen.

Die Resorption, mit der Apposition das wichtigste Moment für das Wachsthum der Knochen, macht sich am erwachsenen Knochen vorzüglich durch die Kittlinien bemerkbar, innerhalb welcher dann schichtweise Ablagerung von Knochengewebe stattfindet, wodurch die Havers'schen Lamellensysteme entstehen.

v. Ebner, dem wir die Bezeichnung und genauere Kenntnis der Kittlinien verdanken, bezeichnet ihr Vorkommen im erwaschenen Knochen als ein „massenhaftes“, und wir können uns von der Richigkeit dieses Ausspruches auch an fossilen Knochen leicht überzeugen; an Rippenquerschliffen vom *Mastodon* oder *Hippopotamus* reiht sich Kittlinienring an Kittlinienring und die Zwickel zwischen denselben erscheinen von zierlichen Schaltlamellen ausgefüllt, der Knochen erscheint wie ein unregelmässiges Mosaik, dessen Steinchen von den Kittlinien abgegrenzt werden.

Dieses Bild vermissen wir an unseren Rippen, regelmässige Havers'sche Systeme fehlen vollkommen. Das Knochengewebe erscheint am reinen Querschliff wohl reichlich vascularisirt, aber stellenweise in grösserer Ausdehnung ohne jede Kittlinie, mit unregelmässig geformten und angeordneten Knochenzellhöhlen und auch ohne Sharpey'sche Fasern. (Fig. 2). Der Mangel dieser und einer geflechtartigen Anordnung der Fibrillen überhebt uns auch des Zweifels, ob wir es nicht etwa mit einem jugendlichen Knochen zu thun haben, was ich sonst für diese Rippe nicht direct in Abrede stellen könnte, da sie ein einzelnes Fundstück ist. Überdies zeigen auch Rippen der Halitherien, die bestimmt erwachsenen Thieren angehört haben, dieselben oder ähnliche Verhältnisse. Nichtsdestoweniger kommen stellenweise längs den Gefässcanälen ganz unregelmässig buchtige, wohl ausgeprägte Kittlinien vor (Fig. 2 *K*), welche immerhin auf abgelaufene, wenn auch wenig ausgiebige Resorption deuten; sie sind aber selten geschlossen und bewirken nirgends eine mosaikartige Felderung.

Wie es nach den beschriebenen Verhältnissen zu erwarten ist, zeigt auch das polarisationsmikroskopische Bild des Querschliffs ein ganz eigenthümliches Aussehen. v. Ebner hat gezeigt, dass die Untersuchung mit dem Polarisationsmikroskop eine sehr empfindliche Methode zum Nachweis der Kittlinien ist; aber auch mittelst derselben gelingt dieser Nachweis an unserer Rippe nicht, sondern sie zeigt zwischen gekreuzten Nikols zahlreiche helle, kürzere und längere Knochenfaserbündel welche unter + und — 45° in der dunkeln Grundsubstanz dahin gehen und so ein eigenthümliches, guillochenartiges Gitterwerk bilden. Schiebt man die Gypsplatte Roth I. O. ein, so erkennt man, dass diese fast stets längs Gefässcanälen verlaufenden Faserbündel negativ doppelbrechend sind, indem sie in steigender oder sinkender Farbe erscheinen, je nachdem sie senkrecht oder parallel zur ersten Mittellinie der Gypsplatte orientirt sind, während die Felder zwischen ihnen meist die Farbe des Gypsgrundes auch während der Azimuthaldrehung wenig ändern.

Dieser Mangel an Structurverhältnissen, welche auf eine ausgiebige Resorption hinweisen, würde für die Anschauung Roux's sprechen, dass es sich hier um ein besonders hohes Knochenerhaltungsvermögen oder besonders schwache Zerstörungsmechanismen handelt, aber im Ganzen müssen wir doch sagen, ein solches Knochengewebe steht einzig da und lässt keinen Vergleich mit irgend einem recenten zu.

Eine eigenthümliche Art von Felderung sieht man aber an vielen Stellen des reinen Querschliffes und könnte man dieselbe bei oberflächlicher Betrachtung wohl für den Ausdruck von, von Kittlinien umgrenzten, Havers'schen Systemen halten. Rundliche oder mehr unregelmässige, hellere Inseln von Knochengewebe werden durch schmale, stärker lichtbrechende Bänder, Knochenzellhöhlen enthaltender, oft faseriger Knochensubstanz abgegrenzt.

Dieses sonderbare Bild ist theilweise durch die engen Maschen der Havers'schen Canäle bedingt und entspricht den oben beschriebenen Polarisationserscheinungen insoferne, als längs der zahlreichen, am Querschliff schräg oder der Länge nach getroffenen Gefässcanäle (die, wie wir gesehen haben, öfter von Kittlinien begleitet werden) die Fibrillen ebenfalls schräg oder längs verlaufen, weshalb diese Bänder oder Streifen doppel-

brechend erscheinen. Von der Felderung eines gewöhnlichen Querschliffes ist sie jedoch durch den Mangel an concentrischen Lamellen und der scharf abgrenzenden Kittlinien unterschieden.

Zur Erklärung der vorhandenen, spärlichen Resorptionsstellen müssen wir die Gefässe in den Havers'schen Canälen selbst und vielleicht vorzüglich ihre blinden Enden zu Hülfe nehmen, was ja insoferne nichts Unwahrscheinliches hat, als wir auch heute bei der Knochenresorption eine enge Beziehung zwischen Gefässen und den eigentlichen knochenzerstörenden Elementen, den Osteoklasten, kennen und anderseits für das Zustandekommen der von Kölliker als Volkmann'scher, von v. Ebner als durchbohrender Canäle bezeichneten Gebilde in recenten Knochen eine Resorption von Seite der Gefässe wohl als nachgewiesen angesehen werden kann.

Oligocaen.

Halitherium Schinzi. Rippe. Mainz.

Die Rippe erscheint am Bruch dunkelbraun und glänzend, vollkommen compact, einem eisenschüssigen Schieferstück in Farbe und Consistenz nicht unähnlich. Ihre Oberfläche ist bis zur Dicke eines halben Millimeter in eine hellockergelbe, leicht zerreibliche Masse verwandelt, welche sich bei näherer Untersuchung als aus dicht verfilzten Bohrgängen, die mit stark lichtbrechenden Körnchen erfüllt sind, zusammengesetzt erweist.

Löst man einen Theil dieser Masse in Salzsäure auf, so isolirt man Bruchstücke von Röhrchen, welche den von Roux beschriebenen *Mycelites*-Fäden entsprechen und in ihrem Inneren kleinste und grössere braune Körnchen enthalten; diese kugeligen Gebilde sind auch zwischen den Fäden in so grosser Menge vorhanden, dass sie wie ein feinkörniges Sediment erscheinen. In den Grössen schwanken sie sehr; viele sind so klein, dass sie Molekularbewegung zeigen, andere wieder besitzen einen Durchmesser von mehreren Mikren, sind oft doppelt contourirt und werden nie als Inhaltskörper in den Bohrgängen angetroffen, sondern kommen in dem natürlichen Canalsysteme des Knochens, in den Havers'schen Canälen und Knochenzellhöhlen, vor, wo sie ein höchst eigenthümliches Verhalten darbieten. Erstere erfüllen sie oft so dicht, dass der ganze Canal compact von ihnen aus-

gefüllt erscheint; in letzteren treten sie einzeln oder zu mehreren auf, füllen endlich die ganze Höhle aus, wobei sie eine einheitliche, dunkelbraune Masse zu bilden scheinen und auch in die Ausläufer eindringen. Daneben sieht man Bilder von injicirten Knochenhöhlen mit auffallend dicken, langen und verzweigten Ausläufern. Untersucht man solche Stellen bei starker Vergrösserung (Reichert's Apochromat, Brennweite 4 *mm*, Comp. Ocul. 12), so erkennt man fadenartige Gebilde, welche durch die Ausläufer in die Knochengrundsubstanz gewuchert erscheinen und in derselben ein Flechtwerk bilden, welches sehr an ein Pilzmycel erinnert. Diese solid erscheinenden Fäden sind von den von Roux beschriebenen und auch in der verwitterten Rindenzone dieser Rippe vorkommenden bedeutend unterschieden durch ihre mehr gleichmässige Dicke, den Mangel an seitlichen oder terminalen Anschwellungen und an Inhaltskörpern.

Ähnliche Vorkommnisse werden wir an einem Röhrenknochen von *Mastodon* näher besprechen. Um hier aber gleich die Beschreibung der dem Knochen fremdartigen Bildungen zu vollenden, erwähne ich noch einer Eigenthümlichkeit, welcher wir am Querschliff schon mit freiem Auge gewahr werden. Unter der veränderten Rindenzone sieht man parallel der Oberfläche in grösseren Abständen concentrische, dunkle Linien ziehen, ähnlich wie die Jahresringe eines Baumes; sie erreichen oft die Anzahl von sechs und mehr und fassen immer einen breiteren Ring heller Knochensubstanz zwischen sich; die Breite dieser dunklen Ringe lässt sich nur ungefär bestimmen, und zwar beträgt sie selten mehr als 0·03—0·05 *mm*, während die dazwischenliegenden Knochenringe immer das Doppelte bis Dreifache messen. Was nun die Natur dieser eigenthümlichen Erscheinung betrifft, so finden wir die dunklen Ringe bedingt durch ein dichtes Flechtwerk von Fäden, während die entsprechenden Knochensubstanzringe, die wie breite umfassende Lamellen aussehen, förmlich besäet erscheinen mit jenen kugeligen kleinen und grösseren Gebilden, die wir in den Knochenhöhlen und Gefässcanälen beschrieben haben.

Man kann sich kaum des Eindruckes erwehren, dass das Auftreten der fadenartigen Gebilde in so regelmässiger Weise hier an präformirte Wege gebunden ist, vielleicht an Kittlinien concentrisch abgelagerter, äusserer umfassender Lamellen, welche

Vorstellung auch durch das Polarisationsbild und durch die ganze Art und Weise, wie man sich das Wachsthum dieses Knochens vorstellen muss, an Wahrscheinlichkeit gewinnt.

Wenden wir uns nun zur Betrachtung des eigentlichen Knochengewebes, so erscheint die Grundsubstanz an dünnen Splittern farblos, eigentlich gestrichelt oder gefasert, die Knochenzellhöhlen und Gefässcanäle mit Luft oder jenen braunen Massen erfüllt.

Die Strichelung ist eine sehr dichte und feine und verläuft senkrecht zu den Ausläufern der Knochenzellhöhlen, welche an vielen Stellen wie injicirt erscheinen. Um dieses eigenthümliche Ansehen der Grundsubstanz, das sich auch am Schliffe darbietet, zu erklären, bedarf es einiger kleiner Versuche.

Zunächst untersuchen wir den Splitter trocken; er erscheint undurchsichtig, im auffallenden Lichte weiss. Setzen wir Alkohol zu, so werden seine dünnsten Stellen für starke Vergrösserung zugänglich und auch mit dem Polarisationsmikroskope kann er nun untersucht werden; er erscheint, wenn die Faserung in die erste Hauptebene fällt, in steigender, in der darauf senkrechten in sinkender Farbe, zeigt also Farben im Sinne einer positiven Doppelbrechung. Verdrängen wir den Alkohol durch ein stärker brechendes Medium, Xylol, Canadabalsam oder Damarlack, so zeigt der Splitter eine Umkehr der Farben: er erscheint negativ doppelbrechend, verhält sich also, wie ein Knochen, dessen Fibrillen zerstört sind und damit erkennen wir auch die Faserung der Grundsubstanz als den Ausdruck der lufterfüllten, für Flüssigkeit durchgängigen Fibrillenröhrchen.

Wie wir sehen werden, können wir diese Erscheinung noch an anderen fossilen Knochen constatiren und bemerke ich hier nur kurz, dass die Ansicht, dass wir es hier mit den Fibrillenröhrchen zu thun haben, noch durch eine natürliche Injection derselben bestätigt wird; um manche mit brauner Masse injicirte Knochenzellhöhlen sehen wir diese feinen Röhrchen, welche senkrecht zu den wohl charakterisirten Ausläufern der Höhle verlaufen mit derselben braunen Masse erfüllt, beziehungsweise gefärbt, wie ich es auch von einem Röhrenknochen des *Mastodon* (Fig. 3 *a*) abgebildet habe.

Die schönsten Beispiele dieser Art sind aber die Knochen von Pikermi und die eines *Hippopotamus* von Creta, und soll die

histologische Wichtigkeit dieser Erscheinung bei der Besprechung dieser Knochen ausführlich erörtert werden.

Was die weiteren Structurverhältnisse unserer Rippe anlangt, so sind sie ähnlich den im vorigen Capitel besprochenen. Wohl entwickelte Havers'sche Lamellensysteme fehlen, obwohl einige spärliche Kittlinien um Gefässcanäle auf abgelaufene Resorptionserscheinungen hindeuten. Die Gefässcanäle sind verhältnissmässig enge, bilden aber ein reichliches Netz, welches mit den weiten Knochenzellhöhlen wieder eine ausgiebige Vascularisation des dichten Knochens bedingt haben muss.

Während im Inneren der Rippe der Verlauf der Fibrillen und die Lagerung der Knochenhöhlen ziemlich unregelmässig ist, laufen in den oben erwähnten, peripheren Knochensubstanzbändern die Fibrillen vorwiegend senkrecht und tangential zur Längsaxe der Rippe; daher erscheinen diese Knochenpartien unter dem Polarisationsmikroskope parallel der ersten Mittellinie auch in ihrer ganzen Ausdehnung in sinkender, in der darauf senkrechten in steigender Farbe, welche nur an wenigen Stellen, wo um Gefässcanäle, die von einer Kittlinie umgrenzt sind, die Fibrillen in anderer Richtung verlaufen, auch durch eine andere Farbe unterbrochen wird.

Die mittleren Partien des Querschliffes, in denen die Fibrillen in den verschiedensten Richtungen verlaufen, geben dagegen ein sehr mannigfaches Farbenbild, aus dem sich die spärlichen Kittlinien immer scharf hervorheben.

Miocaen.

Halitherium (crassum). Rippe. Niederösterreich.

Dieser Knochen lässt zum Unterschiede vom vorigen bereits mit freiem Auge zahlreiche, bis mehrere Millimeter weite Gefässlücken erkennen, welche mit einem reich entwickelten, höchst unregelmässigen Havers'schen Canalsystem in Verbindung stehen; eine schmale Rindenzone der Rippe, welche durch ihr weissliches Ansehen ausgezeichnet ist, zeigt keine Knochenstructur mehr, nur die leeren Gefässcanäle sind noch erkennbar.

Das Knochengewebe ist hier, wie wir sehen werden, von den Bohrgängen des *Mycelites ossifragus* in der von Roux

beschriebenen, charakteristischen Weise zerstört; ich hebe dies auch hier wieder hervor, weil Roux für die Rippen der *Rhytina* angibt, dass die Bohrgänge gerade innerhalb einer Rindenzone von 2—3 *mm* fehlen.

Im Inneren der Rippe ist die Knochenstructur grösstentheils wohlerhalten und bietet wiederum ganz eigenthümliche Verhältnisse dar.

Was zunächst auffällt, sind die grossen, auch in ihrer Form vom Gewöhnlichen abweichenden und atypisch angeordneten Knochenzellhöhlen.

Obwohl ihr langer Durchmesser das Maximum, welches für menschlichen Knochen nach Kölliker 52 μ, für den Knochen des Frosches nach v. Ebner 60 μ beträgt, im Allgemeinen nicht überschreitet, wird ihr cubischer Inhalt durch den gleichzeitig bedeutenden mittleren Durchmesser, welcher bis zu 22·4 μ beträgt (für den Menschen im Maximum 14 μ, für den Frosch 12 μ), ein ungewöhnlich grosser.

Diese grossen Knochenzellhöhlen mit den reich entwickelten, weiten Gefässcanälen müssen wohl wieder als Ersatz für die mangelnde Markhöhle und Spongiosa aufgefasst werden. Sie sind mit Luft erfüllt und ihre dünnen Ausläufer vielfach deutlich sichtbar.

Die Grundsubstanz ist von der Farbe gewöhnlichen Knochens, ebenso durchsichtig und zeigt stellenweise ein unregelmässiges, faseriges Ansehen, das jedoch nichts mit der fibrillären Structur zu thun hat, vielmehr durch die langen Ausläufer der Zellhöhlen und die lufterfüllten Räume Sharpey'scher Fasern bedingt ist.

Bei genauer Untersuchung der Grundsubstanz finden sich jedoch auch zahlreiche Stellen, welche deutlich fibrilläre Structur zeigen, in der Weise, dass zarte Längsstreifung abwechselt mit punktirten Stellen, welche quergetroffenen Fibrillen entsprechen würden.

Am Querschliffe sieht man um Havers'sche Canäle vielfach scharf ausgeprägte Kittlinien, ohne dass es jedoch zur Entwicklung regelmässiger, concentrischer Lamellensysteme gekommen wäre. Hie und da sieht man auch weite Räume, die von einer Kittlinie umschlossen werden und recht gut dem Querschnitt eines weiteren Havers'schen Canales entsprechen, vollkommen

ausgefüllt mit compacter Knochensubstanz; meist erweisen sich diese Stellen als blinde Enden Havers'scher Canäle, ein Vorkommen, dessen Häufigkeit ebenfalls abweicht vom gewöhnlichen Knochen; bei einigen derselben erhalten wir jedoch ganz den Eindruck, als ob es compact ausgefüllte Gefässcanäle wären.

Ist schon der ganze Verlauf der Fibrillen bei dem Mangel einer lamellären Structur sehr unregelmässig und abweichend vom sonstigen Typus des Säugethierknochens, so wird das atypische Bild noch erhöht durch die meist regellose Anordnung der Knochenzellhöhlen; dicht nebeneinander sind sie in den verschiedensten Richtungen orientirt, und findet man selten Stellen, wo ihre langen Durchmesser auf grössere Strecken hin dem Fibrillenverlauf parallel sind.

Untersucht man eine solche Stelle, an der die fibrilläre Streifung deutlich zu sehen ist, mit dem Polarisationsmikroskope, so findet man eine starke negative Doppelbrechung in Bezug auf die Richtung der Fibrillen, also wieder ein Verhältniss, wie es Knochen mit zerstörten Fibrillen entspricht. Versetzt man einen Splitter mit starker Salzsäure, so löst sich der ganze Knochen auf, mit Ausnahme des Inhaltes der Bohrgänge.

Nicht nur in der Rindenzone, sondern auch um viele Havers'sche Canäle ist die Knochenstructur gänzlich verloren gegangen.

An sehr dünnen Schliffen überzeugt man sich, dass solche Stellen fast nur aus den stark glänzenden, dicht gedrängten Bohrgängen bestehen, welche durch ihr starkes Lichtbrechungsvermögen und ihre dichte Übereinanderlagerung das opake, weissliche Aussehen bedingen.

Von diesen Stellen aus erstrecken sich nun Bohrgänge in den unveränderten Knochen in der von Roux beschriebenen Weise. Interessant ist während der Auflösung eines Schliffes in Salzsäure zu beobachten, wie sich der Inhalt einzelner Bohrgänge in Form von Fäden losmacht; sie werden frei und grösstentheils durch die heftige Kohlensäureentwicklung abgerissen. Oft bleiben aber längere Stücke erhalten und an solchen sieht man deutlich, dass sie einen doppelten Contour als Ausdruck einer Lichtung besitzen, in welcher oft bräunliche, kugelige oder mehr unregelmässige Körnchen wahrgenommen werden, welche Roux als Sporen beschrieben hat.

Diese röhrenförmigen Gebilde sind also wohl unterschieden von den soliden Füllseln der Bohrgänge bei *Ichthyosaurus*, sie entsprechen der Beschreibung von Roux, nur konnte ich mich nirgends von zweifellosen Scheidewänden im Innern derselben überzeugen.

Mastodon. Fragment eines grossen Röhrenknochens. Niederösterreich.

Dieser Knochen ist ausgezeichnet durch die regelmässige Entwicklung Havers'scher Lamellensysteme, welche am Querschliff durch die charakteristischen, scharf ausgeprägten Kittlinien geradezu typisch hervortreten. Die Structur ist vorzüglich erhalten und zeigt alle Details recenten Knochens.

Die Havers'schen Canäle sind stellenweise mit einem schwarzen oder rostbraunen bis röthlichen Wandbelag versehen, der öfter auch das ganze Lumen erfüllt und wie verwaschen diffundirt, auf die benachbarte Grundsubstanz übergeht, öfter auch die sogenannten Knochenkörperchen mit ihren Ausläufern erfüllt, dass sie wie injicirt aussehen. (Fig. 3 und 4.)

Um solche Knochenkörperchen sieht man öfter auch rostbraune Flecken, als ob auch hier der Inhalt derselben diffundirt wäre. Untersucht man solche Stellen bei starker Vergrösserung, so kann man in ihnen deutlich parallele, schwach gewellte, rostbraune Linien, wie feine Striche nebeneinanderlaufen sehen, welche immer durch farblose Striche der Grundsubstanz getrennt werden.

Sie können von den dickeren, aber ebenso gefärbten Ausläufern der Knochenkörperchen wohl unterschieden werden, da sie im Allgemeinen senkrecht zu denselben verlaufen und unverzweigt sind. Es unterliegt keinem Zweifel, dass wir es hier mit den Fibrillenröhrchen zu thun haben, welche nach Zerstörung der Fibrillen mit der braunen Masse erfüllt worden sind.

Auch die farblose Grundsubstanz der Knochen lässt an Längsschliffen allenthalben eine feine Strichelung erkennen, welche der fibrillären Structur entspricht.

Am Querschliffe findet man zahlreiche Havers'sche Lamellensysteme mit 2—3 concentrischen Kittlinien, entsprechend einer secundären Knocheneinlagerung in Havers'sche Räume, und auch hier sieht man sehr schön punktirte und gestreifte Lamellen

abwechseln, je nachdem die Fibrillenröhrchen quer oder längs getroffen sind.

Das wir es hier wirklich mit leeren, respective lufterfüllten Fibrillenröhrchen, die für Flüssigkeiten durchgängig sind, zu thun haben, zeigt am besten die Untersuchung der Polarisationserscheinungen.

Ein dünner Splitter, der Längsrichtung des Knochens entnommen und in Alkohol untersucht, erweist sich im hohen Grade undurchsichtig, im auffallenden Lichte weiss, eine bekannte Wirkung der Oberflächenreflexion an den enge nebeneinander liegenden, mit einem schwach lichtbrechenden Medium erfüllten Röhrchen. Bringt man einen solchen Splitter nach unserer gewöhnlichen Methode unter das Polarisationsmikroskop in die Additionslage, so erscheint er lebhaft blau II. O., an den dicken Stellen grünlich, in der Subtractionslage lebhaft gelb, also scheinbar positiv doppelbrechend in Bezug auf die Richtung der Fibrillenröhrchen. Lässt man nun den Alkohol verdunsten und setzt Xylol oder dünnen Canadabalsam hinzu, so wird der Splitter stark negativ doppelbrechend.

Durch das Xylol oder den Balsam sind die Interferenzerscheinungen der dicht nebeneinanderliegenden Luft-, beziehungsweise alkoholerfüllten Fibrillenröhrchen, welche die positive Doppelbrechung vorgetäuscht haben, aufgehoben worden und es ist die wahre, negative Doppelbrechung des fibrillenlosen Knochens zur Geltung gekommen.

Man kann sich diesen Wechsel der Farbenerscheinungen, das heisst den Übergang von der scheinbaren positiven Doppelbrechung zur wirklichen negativen unter dem Polarisationsapparate sehr gut auf folgende Weise zur Anschauung bringen. Man infiltrirt einen dünnen Längssplitter mit Alkohol und bringt einen grossen Tropfen Xylol auf den feuchten Splitter.

Untersucht man nun rasch mit dem Polarisationsmikroskope, so sind die Fibrillenröhrchen noch mit Alkohol erfüllt, es findet noch Interferenz statt und der Splitter erscheint in der Additionslage noch lebhaft blau bis grün, also in steigender Farbe. Innerhalb einer Minute wird der Alkohol durch das starkbrechende Xylol verdrängt, die Beugungserscheinungen werden dadurch aufgehoben und unter den Augen des Beobachters verschwindet die

positive Farbe und kommt die negative Doppelbrechung der fibrillenlosen Grundsubstanz zur Geltung, so dass das Blau II. O. des Splitters während dieser kurzen Beobachtung auf Gelb sinkt.

Die Schliffe, welche vom Balsam durchtränkt, also luftfrei sind, zeigen eine prachtvolle negative Doppelbrechung, besonders schöne, sogenannte positive Kreuze an Querschliffen Havers'scher Lamellensysteme.

Behandeln wir einen Splitter dieses Knochens mit Salzsäure, so löst er sich ganz auf, mit Ausnahme der braunen Auskleidungsmembranen der Havers'schen Canäle — welche oft als verzweigte Röhren bis zu 1·3*mm* Länge isolirt werden können, — der Inhaltskörper derselben und der Knochenzellhöhlen und aller jener fremdartigen Gebilde, welche von diesen Räumen aus in die Knochengrundsubstanz gedrungen sind.

Die beschriebenen Partien der Knochensubstanz, wo Knochenzellhöhlen mit ihren Ausläufern und Fibrillenröhrchen mit brauner Masse erfüllt, gleichsam injicirt sind (Fig. 3 *a*), lassen sich bei Säurezusatz im Zusammenhang isoliren.

Untersucht man diese Fragmente mittelst des Polarisationsmikroskopes, so zeigen sie, wenn sie in Wasser, resp. Salzsäure liegen, Farben, wie sie einer positiven Doppelbrechung entsprechen würden. Es ist wieder dieselbe Erscheinung der Beugung, die wir bereits oben ausführlich besprochen haben.

Was nun noch die Inhaltskörper der Gefässcanäle und Knochenzellhöhlen anlangt, so bieten dieselben eine grosse Mannigfaltigkeit der Formen, so dass wir uns hier kurz mit ihrer Beschreibung begnügen müssen, ohne auf ihre Deutung eingehen zu können.

In manchen Havers'schen Canälen findet sich ein spärliches Flechtwerk von braunen, 2—3 μ, selten dickeren Fäden, welche oft an der Wand des Canals weithin in leichter Windung und gleichmässiger Dicke verlaufen; sie sind auf grosse Strecken hin unverzweigt, besitzen kein nachweisbares Lumen und keine Endanschwellungen oder seitliche Ausbuchtungen.

Daraus geht deutlich hervor, dass sie weder mit den beim *Ichthyosaurus* beschriebenen Gebilden, noch mit dem *Mycelites* von Roux identisch sind. Auch ausserhalb der Gefässcanäle, meist in Kittlinien, finden wir dieses Flechtwerk, welches seinen eckigen Formen nach am besten als Sparrenwerk bezeichnet wird.

Eine besondere knochenzerstörende Wirksamkeit besitzen diese Fäden nicht.

Ausser diesen Fäden finden wir in Havers'schen Canälen und einzelnen Knochenzellhöhlen noch braune, kugelige Gebilde, welche in Grösse und Form mannigfache Modificationen zeigen.

Was zunächst ihr Vorkommen in den Knochenzellhöhlen anlangt, so finden wir in einzelnen ein einziges Korn (Fig. 3 *a*) von 2—7 μ Durchmesser; in anderen mehrere von verschiedener Grösse (Fig. 3, *b*) und in manchen Zellhöhlen endlich scheinen sie zu einer einheitlichen Masse zusammengeflossen, welche die Höhle sammt ihren Ausläufern (Fig. 3, *c*), oft auch die angrenzenden Fibrillenröhrchen, erfüllt (Fig. 3, *a*).

In den Havers'schen Canälen bilden sie oft grosse Haufen, die grösseren besitzen einen doppelten Contour und öfter ein glänzendes Korn in der Mitte. Sie haften den auskleidenden Membranen der Havers'schen Canäle an (Fig. 5, *A*) und scheinen oft auch zusammenzufliessen, um dann lappige Gebilde mit verdicktem Rand zu bilden, die in ihren Contouren an Buchenschwämme erinnern und oft die ganze Breite des Canals ausfüllen.

In Fig. 5, *B* sind einige Formen dieser sonderbaren Gebilde, die man mit Salzsäure isoliren kann, dargestellt.

An einzelnen Stellen durchbrechen diese Massen die Havers'schen Canäle zunächst als halbkugelige Vorbuchtungen, weiter aber wuchern sie lappenförmig, mit gekerbtem und verdicktem, doppelt contourirten Rand in das Knochengewebe, wie es in Fig. 4 dargestellt ist und erfüllen sowohl die Knochenzellhöhlen mit ihren Ausläufern, als auch die Fibrillenröhrchen. Diese Partien kann man wieder in toto durch Salzsäurezusatz isoliren.

Halitherium Christoli. Wirbel.

Das Knochengewebe wird von der Oberfläche her in der charakteristischen Weise durch Bohrgänge zerstört; hie und da sieht man in der opaken Masse, welche durch ihre dichtgedrängte Verflechtung gebildet wird, noch eine erhaltene Knochenzellhöhle, welche mit dunkler Masse erfüllt ist und uns anzeigt, dass auch hier früher Knochensubstanz gewesen, was man sonst nicht mehr erkennen würde.

Wo der Knochen von diesen Bohrgängen frei oder nur spärlich von ihnen durchsetzt ist, ist seine Structur gut erhalten.

Der Wirbel besitzt eine wohl entwickelte Spongiosa, die Grundsubstanz ist farblos oder leicht gebräunt und lässt stellenweise deutliche Lamellen erkennen, wogegen man die fibrilläre Structur nirgends zu erkennen vermag.

Die Knochenzellhöhlen haben nichts Auffallendes, sind eher klein, mit Luft oder einer dunklen Masse erfüllt, während ihre Ausläufer nicht mehr erkenntlich oder nur andeutungsweise vorhanden sind. Unter dem Polarisationsmikroskope erweist sich das Knochengewebe stark negativ doppelbrechend; in Salzsäure löst es sich auf, nur die Füllsel der Knochenzellhöhlen und dünne, membranenartige, bräunliche Fetzen bleiben zurück.

Unbestimmter Wal. Wirbel. Nussdorf bei Wien.

Ein Theil der Spongiosa zeigte theilweise noch wohl erhaltenes Knochengewebe, theils farblos, theils leicht bräunlich gefärbt.

Die Knochenzellhöhlen sind grösstentheils mit Luft erfüllt, ihre Ausläufer nicht wahrnehmbar, nur an einigen Stellen ist ihr zierliches Geäder mit Schwefelkies wie injicirt.

Die Grundsubstanz zeigt ein ziemlich homogenes Ansehen, das nur durch wohlentwickelte Kittlinien unterbrochen wird; von fibrillärer Zeichnung ist nichts zu sehen, wohl aber finden wir um einzelne Spongiosalücken deutliche, lamelläre Anordnung der Knochensubstanz.

An Stellen, wo die Knochenzellhöhlen in grösserer Ausdehnung mit ihren langen Durchmessern parallel orientirt sind, also der Verlauf der Fibrillen ein bestimmter ist, lässt sich auch hier leicht die negative Doppelbrechung constatiren.

Die Spongiosalücken sind theils leer, theils sind ihre Wände dicht mit kleinen Schwefelkieskrystallen bedeckt, welche man auch öfter in Havers'schen und durchbohrenden Gefässcanälen, welche hier nicht selten vorkommen, antrifft.

Unterpliocaen.

Antilope? Metatarsus und grosser, unbestimmter Röhrenknochen. Pikermi. Griechenland.

Diese Knochen zeigen einen höchst eigenthümlichen Erhaltungszustand, sind ausserordentlich brüchig und reichlich mit

krystallinischen Kalkspatheinlagerungen durchsetzt. Splitter in Alkohol untersucht, erweisen sich in hohem Grade undurchsichtig, im auffallenden Lichte weiss; bei starker Vergrösserung sieht man feinste, dicht gedrängte Röhrchen, welche für Flüssigkeiten durchgängig sind, den Splitter durchziehen, welche eben seine Undurchsichtigkeit bedingen. Die polarisations-mikroskopische Untersuchung, in derselben Weise angestellt wie bei Knochensplittern von *Mastodon* ergab genau dieselben Resultate: füllt man die Röhrchen mit schwächer lichtbrechenden Substanzen, so treten über der Gypslatte Interferenzfarben auf, die eine in Bezug auf die Längsrichtung der Röhrchen positive Doppelbrechung vortäuschen, welche der wahren, negativen Doppelbrechung des fibrillenlosen Knochens weicht, so bald man stärker lichtbrechende Substanzen zusetzt.

Ebenso verhält es sich mit Schliffen, welche in Wasser untersucht an den lufthaltigen Stellen steigende Farben zeigen, wenn die Richtung der Röhrchen parallel zur ersten Mittellinie der Gypsplatte ist, während jene Stellen, wo beim Aufschmelzen des auf einer Seite polirten Stückes zum Zwecke des Schleifens der Balsam in die Fibrillenröhrchen eingedrungen ist, negativ doppelbrechend erscheinen; nur sind wegen der Dicke des Schliffes und der grösseren Undurchsichtigkeit der lufthaltigen Stellen die Farben nicht so schön zu sehen, wie an dünnen Splittern.

Die zur Untersuchung fertigen, aufgehellten Schliffe zeigen stets eine starke, negative Doppelbrechung.

Was nun die Structur der Knochen anlangt, so ist dieselbe in einer höchst merkwürdigen Weise verändert.

Untersucht man einen Längsschliff bei schwacher Vergrösserung, so finden wir zunächst alle Structurdetails, welche einen normalen Knochen charakterisiren, nur in spärlichen Resten erhalten.

Hie und da ist ein Havers'scher Canal, mit Kalkspath oder brauner Masse erfüllt, noch deutlich als solcher zu erkennen und um denselben vielleicht auch noch ein Rest homogener, stark glänzender Knochengrundsubstanz mit Knochenzellhöhlen, deren lange Durchmesser dem Verlaufe des Canals parallel gestellt sind. Ihre Ausläufer sind nirgends sichtbar, ihre Höhlung mit Luft, selten mit einem der in früheren Capiteln beschriebenen kugeligen,

braunen Körper erfüllt. Diese inselartigen Reste von Knochensubstanz grenzen sich gegen die übrige, veränderte immer mit unregelmässig buchtigen Rändern ab, welche an die Howship'schen Lacunen erinnern.

Die übrige Schliffläche bietet ein sehr sonderbares Bild, welches der Ausdruck einer wahren Versteinerung, mit Zerstörung der Knochenstructur ist. Betrachten wir einen Längsschliff mit schwacher Vergrösserung, so sehen wir stark glänzende, schmale Linien oder Bänder von 3—8 μ Breite die Knochengrundsubstanz in lange Felder von wechselnder Form und Ausdehnung theilen, wobei die Trennungslinien wie ein langmaschiges Geäder hervortreten. Ich muss gleich hier betonen, dass die Grenzlinien dieser Felder nichts mit Kittlinien zu thun haben; diese eigenthümliche Veränderung erstreckt sich gleichmässig über den ganzen Knochen, ohne Beziehung zur normalen Structur desselben, nur zeigt sie verschiedene Formen, welche wahrscheinlich verschiedene Grade der Entwicklung oder des Fortschrittes der Zerstörung desselben darstellen.

Es ist sehr schwer, genauere Massangaben über diese vielgestaltigen Felder zu machen; an Stellen, wo sie am deutlichsten ausgeprägt sind, zeigte sich ihr Breitendurchmesser schwankend zwischen 0·008 und 0·064 *mm*. Die hellen Linien, welche sie begrenzen, sind von ungleich stärkerem Lichtbrechungsvermögen und treten daher scharf hervor; sie verlaufen meist der Länge nach gestreckt oder gebuchtet, meist mittelst eines queren, bogenförmigen Stückes mit einer benachbarten zusammenfliessend, oft auch im spitzen Winkel mit einer anderen sich vereinigend, so dass das eingeschlossene Feld wie ein langschenkeliger, spitzwinkeliger Sector erscheint. An manchen Stellen des Längsschliffes sind die Felder klein, rundlich, oval oder von unregelmässig buchtigem Contour umgeben, aber immer noch scharf getrennt. Dort, wo die Zerstörung am weitesten fortgeschritten ist, erscheinen die Felder ganz nahe aneinander gerückt, die sie trennenden Bänder heller Substanz werden ausserordentlich zart, nur mehr als glänzende, höchst unregelmässige, kaum 1 μ breite Contouren wahrnehmbar, der ganze Knochen nimmt das Aussehen einer krümmeligen Kalkmasse an, deren einstiger Knochencharakter nicht mehr erkannt werden kann.

Bevor wir zur Besprechung des Querschliffbildes übergehen, muss ich auch Einiges über Natur und Zustandekommen dieser Felderung bemerken.

Die glänzenden Grenzlinien sind, wie aus dem Späteren noch deutlich erhellen wird, erhaltene, homogene Knochensubstanz, wie die besprochenen grösseren Inseln; hie und da sieht man deutlich Knochenzellhöhlen oder ein Stück Kittlinie in denselben.

Die eingeschlossenen Felder nun erscheinen dunkel durch eine dichte, feine Streifung oder Faserung; dieses Ansehen wird hervorgerufen durch zahllose Röhrchen, welche theils der Länge nach, theils schräg aus der Tiefe herauf verlaufen, in manchen Feldern auch quer getroffen erscheinen, in Form einer dichten Punktirung. Zwischen gekreuzten Nikols erscheinen die Grenzlinien unter + — 45° weiss, während die dazwischen liegenden Felder in einem lavendelgrauen Tone hervortreten. Weniger stark macht sich der Unterschied über der Gypsplatte bemerkbar; hier erscheint der Längsschliff in seiner ganzen Ausdehnung negativ. Die homogenen Knochensubstanzreste etwas stärker als die aufgefaserten Felder.

Um nun zu einer Vorstellung über das Zustandekommen dieses eigenthümlichen Bildes zu gelangen, müssen wir nochmals die spärlichen Reste erhaltener Knochensubstanz in's Auge fassen. Wir bemerken in ihr wieder eigenthümliche Canäle, welche meist gestreckt in der Längsrichtung des Knochens, seltener gewunden oder quer verlaufen.

Ihre zarten, leicht zu übersehenden Contouren sind gewellt, schwach buchtig, ihr Ende kolbig angeschwollen und ihre Lichtung von schwankender Breite, zwischen 4—18 μ. Um diese Canäle nun zeigt die Knochensubstanz ein faseriges Ansehen, und zwar verlauft die Faserung immer parallel dem Bohrgang. Es ist schwer zu sagen, ob diese Bohrgänge mit der sonderbaren Veränderung der Knochensubstanz einen ursächlichen Zusammenhang besitzen, aber so viel steht fest, dass der Beginn dieser Veränderung zunächst um die Bohrgänge wahrgenommen wird und von hier aus nach allen Richtungen hin fortschreitet, so dass zuletzt der ganze Bohrgang unsichtbar wird und lauter gefaserte Felder mit immer schmäler werdenden Grenzlinien heller Knochen-

substanz entstehen, deren Formen durch diese Genese nun auch verständlicher sind.

Sehr ausgeprägt tritt die Veränderung des Knochengewebes am Querschliff hervor.

An manchen Stellen lassen sich noch wohlerhaltene Havers'sche Lamellensysteme nachweisen, an denen homogene und punktirte Lamellen noch deutlich sichtbar sind; auch die Erscheinung der *petits ponts* von Ranvier kann an den punktirten Lamellen wahrgenommen werden. (Fig. 6.)

Öfter jedoch, wenn die homogenen Bänder nicht deutlich sind, geht über das ganze System eine zarte, radiäre Streifung, welche bekanntlich von den Ausläufern der Knochenzellhöhlen herrührt, welch' letztere grösstentheils mit Luft, respective mit Balsam erfüllt sind.

Neben diesen histologischen Details sieht man am Querschliffe nun auch sehr gut jene Reihe der Veränderungen, welche zur gänzlichen Zerstörung der Knochenstructur führen.

Zunächst bemerken wir in einzelnen Lamellensystemen die Querschliffe der Bohrgänge als scharfrandige, meist kreisrunde Löcher, in anderen wieder mehrere, durch helle, unveränderte Grundsubstanz getrennte, rundliche Inseln, welche eine dichte Punktirung oder Strichelung zeigen und die am Längsschliff beschriebenen Felder im Querschliff darstellen. (Fig. 6 *F*). Endlich werden die Felder immer zahlreicher, grösser, die Trennungslinien immer schmäler, so dass zuletzt alle Structurdetails verschwinden und man eine undurchsichtige, punktirte oder gestrichelte Kalkmasse vor sich hat.

Morphologisch sind solche Stellen nicht mehr als Knochengewebe zu erkennen, wohl aber tritt die Structur unter dem Polarisationsmikroskope noch deutlich hervor in Form der bekannten, positiven Kreuze an den Havers'schen Lamellensystemen, wie sie Querschliffe fibrillenloser Knochen zeigen.

An ganz vereinzelten Stellen scheint auch die negative Doppelbrechung des Knochens verloren gegangen zu sein, indem Partien der Grundsubstanz ersetzt erscheinen durch unregelmässig angeordnete Kalkspatkrystalle, welche dann depolarisirend wirken und mitten im farbigen Bilde weiss oder grau erscheinen.

Dies sind aber hier noch, wie gesagt, ganz vereinzelte Stellen; dagegen werden wir dieses Vorkommen bei den nächsten, zu besprechenden Knochen, welche gleichsam in der Erhaltung um eine Stufe tiefer stehen, als die von Pikermi, in ausgedehnterem Maasse wahrnehmen, wodurch dann eine wirkliche „Versteinerung" des Knochens angebahnt ist.

Was die in den Knochen von Pikermi vorkommenden Fremdkörper betrifft, so kann ich mich kurz fassen. Manche Havers'sche Canäle und öfter auch die kolbenförmigen Enden der Bohrgänge sind mit braungelben Massen erfüllt, welche den beim *Mastodon* und *Halitherium Schinzi* beschriebenen ähneln; in einzelnen Knochenzellhöhlen finden sich ebensolche Körnchen in geringer Zahl, aber nirgends finden sich die Ausläufer derselben oder die Fibrillenröhrchen mit dieser Masse injicirt.

Überblicken wir zum Schlusse noch einmal kurz den eigenthümlichen Erhaltungszustand dieser Knochen, so haben wir für eine richtige Deutung der sonderbaren, destructiven Verhältnisse wenig Anhaltspunkte, und will ich mich auf eine Erörterung derselben noch nicht näher einlassen. Nur so viel bemerke ich, um eine Vorstellung anzuführen, dass dort, wo die Knochengrundsubstanz intact erscheint, nichts von fibrillärer Structur zu sehen ist.

Wir müssen also annehmen, dass hier an Stelle der zerstörten Fibrillen eine Ausfüllungsmasse getreten ist, die denselben Brechungsquotienten, vielleicht aber ein anderes Lösungsvermögen, als die Kalksalze des Knochens besitzt, so dass der eigenthümliche Lösungvorgang der Grundsubstanz zunächst wieder in den präformirten Fibrillenröhrchen vor sich geht, weshalb dann diese in Form der aufgefaserten Felder deutlich zu Tage treten.

Unbestimmter Röhrenknochen. Samos.

Er bietet ähnliche Verhältnisse, wie die Knochen von Pikermi, so dass ich mich hier kurz auf die Erwähnung der geringen Unterschiede beschränken kann.

Makroskopisch gewährt der Knochen ein mehr erdiges Ansehen und die Markhöhle ist mit drusigen Kalkspatkrystallen ausgekleidet. In Salzsäure lösen sich Splitter bis auf membranenartige Auskleidungen der Gefässcanäle und geringe Detritus-

massen vollkommen. Am Längsschliff finden wir farblose Inseln erhaltenen Knochengewebes mit lufthaltigen Zellenhöhlen, deren Ausläufer unsichtbar sind. Die Havers'schen Canäle sind grösstentheils mit Kalkspath erfüllt.

Auffallend gross ist die Zahl der eigenthümlichen, langgestreckten, relativ weiten, meist unverzweigten Canäle, welche diese Inseln erhaltenen Knochengewebes durchziehen, oft so dicht, das Bohrgang an Bohrgang gereiht erscheint. Sie gleichen in Form und Verlauf den Bohrgängen in den Pikermiknochen, erscheinen oft leer, ihre Contouren zart, sehr unregelmässig, so dass sie oft wie eingeschnürt, dann wieder ausgebuchtet erscheinen, das Ende ist meist kolbig angeschwollen.

Die übrigen Stellen des Schliffes erscheinen dicht gefasert, dunkel, entbehren aber der deutlichen Felderung, wie wir sie an den Knochen von Pikermi gesehen haben.

Das Polarisationsbild erscheint auf den ersten Anblick sehr complicirt. Die hellen Partien mit erhaltener Knochenstructur zeigen eine ziemlich starke negative Doppelbrechung. Die Bohrgänge in diesen Feldern treten durch eine niedrigere Farbe hervor, eine Erscheinung, die lediglich auf eine Verdünnung des Schliffes um die Dicke des Bohrganges zurückzuführen ist und auch beweist, dass diese Bohrgänge leer sind.

Ebenso erscheinen die übrigen, durch die dichte Faserung veränderten Stellen des Schliffes deutlich negativ bis auf Partien, welche für das Verständniss des Petrificationsvorganges sehr wichtig sind. Sie unterscheiden sich morphologisch nicht von ihrer Umgebung, da ja diese veränderten Knochenpartien überhaupt nichts mehr von Knochenstructur zeigen, ausser den mit Kalkspath erfüllten Gefässcanälen und der dichten Faserung, in welcher hie und da noch Andeutungen der einstigen Felderung wahrzunehmen sind. Während nun dieser veränderte Knochen, wie erwähnt, trotz gänzlichen Verlustes seiner Structur noch grösstentheils die charakteristische, negative Doppelbrechung zeigt, treten mitten in seiner Polarisationsfarbe Partien hervor, welche stark depolarisirend wirken; hier ist an Stelle des Knochens krystallinischer Kalk getreten, noch nicht in der reinen Form, wie er die Gefässcanäle erfüllt, aber in deutlichen Rhomboedern, die

meist mit ihrer Makrodiagonale parallel der Längsrichtung, aber auch senkrecht zu dieser orientirt erscheinen.

Hier geht also, ähnlich wie bei *Crocodilus proavus* eine Verkiesung, eine wahre Verkalkung mit Verlust der Knochenstructur oder richtiger gesagt eine Substitution der gegebenen Form des Knochens durch Kalkspat höchst wahrscheinlich auf Kosten der Kalksalze des Knochens vor sich.

Wir müssen diese Stellen etwas näher betrachten, weil sie uns einerseits die Bedeutung der Bohrgänge, eines so verbreiteten Vorkommens im fossilen Knochen, für den Versteinerungsprocess und anderseits die Art, wie die Knochenstructur verloren geht, verständlicher machen.

Einzelne Kalkspathpartien geben genau die Form der Bohrgänge wieder, während andere höchst unregelmässig erscheinen, durch die eigenthümlichen Formen ihrer Ränder jedoch erkennen lassen, dass sie aus einer Vereinigung oder Verschmelzung vieler Bohrgänge entstanden sind. Hier ist also ein wichtiger Unterschied von dem oben in Vergleich gezogenen Verkiesungsprocess zu constatiren, indem der Kalkspath immer erst secundär in den Bohrgängen auftritt, nie in der unveränderten Knochensubstanz, wie der Schwefelkies bei *Crocodilus proavus.*

Fassen wir diese Beobachtungen nun zusammen, so dürfte sich der Petrificationsvorgang nach dem Gesagten höchst wahrscheinlich so gestalten; zunächst entstehen auf eine uns nicht näher bekannte Weise die Bohrgänge, welche im Zusammenhang stehen mit dem Gefässcanalsystem. In ihrer Umgebung beginnt dann ein eigenthümlicher Lösungsprocess, welcher sich an die präformirten Wege der Fibrillenröhrchen hält (Auffaserung der Grundsubstanz, negative Doppelbrechung derselben); nun füllen sich die Bohrgänge mit kohlensaurem Kalk (Product des Lösungsvorganges?), welcher krystallinisch auftritt und sie in der oben angeführten Weise orientirt, oft so, dass ein Bohrgang von zwei zu einander senkrecht angeordneten Individuen erfüllt wird, was bei der Azimuthaldrehung des Objectes deutlich hervortritt.

So erfolgt eine Substitution der Knochenstructur durch Kalkspath, deren Ausdehnung aber von vorneherein bestimmt ist durch die Menge der Bohrgänge.

Am Querschliff zeigen die erhaltenen Knochenpartien nicht mehr die deutliche Lamellenbildung wie beim Pikermiknochen, wohl aber lufthaltige Knochenzellhöhlen, deren Ausläufer unsichtbar sind und zahlreiche Quer- und Schrägschnitte von Bohrgängen, theils mit scharfem Umriss, theils mit beginnender, peripherer Auffaserung; weiterhin rücken die aufgefaserten Felder wieder enger aneinander und verdecken die ganze Knochenstructur, indem sie dem Knochen das Aussehen einer dunklen, faserig-körnigen Kalkmasse verleihen.

Erkennt man die Havers'schen Lamellensysteme morphologisch nicht mehr, so treten sie noch sehr deutlich mittelst der Polarisation hervor, indem sie sich wieder durch positive Kreuze markiren; ebenso treten die in Kalkspath umgewandelten Stellen als stark depolarisirende, höhst unregelmässige Felder hervor.

An den Spongiosabalken sieht man die Zerstörung des Knochens oft bis auf zwei schmale Grenzstreifen erhaltener Knochensubstanz gediehen, was sich unter dem Polarisationsmikroskope scharf hervorhebt.

Jung-Pliocaen.

Hippopotamus. Rippe, Röhren- und Schädelknochen. Creta.

Diese Knochen sind von grossem, histologischem Interesse wegen ihres Erhaltungszustandes, der, ähnlich dem der Mastodonknochen, ein vorzüglicher ist. Die äusseren Bedingungen, unter welchen sie gelegen haben, müssen sehr günstige gewesen sein, da wir in denselben die feinsten Einzelnheiten des Baues der recenten Knochen wiederfinden; ja, sie gewähren durch eine Art eigenthümlicher Präparation, die im Laufe der Jahrtausende an ihnen vor sich gegangen ist, Bilder, welche geradezu geeignet sind, eine Streitfrage der modernen Histologie in Bezug auf den feineren Bau der Knochensubstanz zu erledigen. Doch bevor ich auf diese wichtigen Verhältnisse eingehe, will ich kurz die gröbere Morphologie besprechen.

Für das unbewaffnete Auge erscheinen sie dunkelschiefergrau, mit einer weisslichen, bis $1^1/_2$ *mm* dicken Rinde bedeckt, welche wie verwittert aussieht, aber wohl erhaltene Knochenstructur zeigt.

Sie zeigen beim Schleifen eine bedeutende Härte und sind nicht so brüchig, wie die beschriebenen Knochen des Unterpliocaen. Die Schliffe erscheinen durch eigenthümliche Einlagerungen dunkelbraun gefärbt und müssen sehr dünn sein, um mit starker Vergrösserung untersucht werden zu können, obwohl sich auch viele Stellen finden, wo die Knochengrundsubstanz vollkommen farblos erscheint; so z. B. die ganze, weisse Rindenpartie und manche Partien im Innern.

Betrachten wir nur z. B. einen Längsschliff durch die Rippe bei schwächerer Vergrösserung, so erblicken wir ein ungemein zierliches Bild, welches auf den ersten Anblick wenig von einem Trockenschliff einer recenten Rippe verschieden erscheint. Sämmtliche Knochenzellhöhlen mit ihrem zierlichen Geäder von Ausläufern sind mit schwarzer Masse vollkommen injicirt, die in dünnen Schichten (z. B. in Knochencanälchen) braun erscheint. Die Havers'schen Gefässcanäle erscheinen theils leer, nur mit braunen, membranenartigen Wandbelägen versehen, theils enthalten sie fremde Einlagerungen in Form pilzartiger Massen, worauf wir später zu sprechen kommen. So tritt das ganze Ernährungscanalsystem ungemein plastisch hervor, wie in einem vorzüglichen Injectionspräparate. Löst man einen Splitter des Knochens in Salzsäure, so kann man grössere Partien von Ausgüssen der Knochenzellhöhlen und ihrer Ausläufer, mittelst welcher sie zusammenhängen, als ein zierliches Gerüstwerk isoliren, welches sich aber nach längerem Verweilen in der Salzsäure ebenfalls löst.

Wir haben solche natürliche Injectionen schon an anderen Knochen bereits kennen gelernt, aber in so ausgezeichnetem Masse sah ich sie nur noch in einer ebenfalls sehr gut erhaltenen Rippe aus dem Miocaen Mittelsteiermarks (*Mastodon?*), wo die Injectionsmasse aber eine metallische (höchst wahrscheinlich Markasit) war, während die Havers'schen Canäle mit Kohle erfüllt waren.

Auch die Kittlinien sind an unserem Knochenschliffe sehr deutlich, besonders dort, wo längs derselben ein plötzlicher Wechsel in der Orientirung der Knochenzellhöhlen stattfindet; so findet man reine Profilansichten der Zellhöhlen durch eine scharfe Linie von einer Gruppe quer getroffener getrennt, oder zwischen zwei Lamellenzügen mit Längsansichten der Knochen-

höhlen erscheint ein Zwickel eingeschlossen, indem sie in der Fläche erscheinen, wobei dann viele Knochencanälchen im Querschnitt als dunkle Punkte wahrgenommen werden.

Was den Beobachter jedoch am meisten überrascht, sind zahlreiche Stellen, wo die Grundsubstanz zwischen den Zellhöhlen eine dichte, heller braune Streifung oder Faserung zeigt, welche an dickeren Stellen die ganze Grundsubstanz dunkelbraun, undurchsichtig erscheinen lässt. An dünneren Schliffstellen jedoch, besonders über schräg angeschliffenen Havers'schen Canälen, treten die braunen Fäserchen ziemlich scharf in der farblosen Grundsubstanz hervor und lassen Verlauf, Anordnung und Dimensionen deutlich erkennen. Dort, wo die Knochenzellhöhlen der Länge nach angeordnet erscheinen, verläuft auch die Strichelung parallel der Längsaxe derselben, senkrecht zu den Ausläufern, von welchen die Fäserchen durch ihre blässere Farbe, geringere Dicke und dichte Anordnung leicht unterschieden werden können. Fig. 7 stellt eine kleine Partie eines solchen Bildes in 385facher Vergrösserung dar, und man wird sofort die Übereinstimmung mit der von v. Ebner gegebenen Zeichnung (Arch. f. mikr. Anat. Bd. XXIX, Taf. XI, Fig. 2) von lufthältigen Fibrillenröhrchen erkennen. An den oben erwähnten dünnen Stellen lassen sich auch unschwer Messungen über die Dicke der feinen Fäserchen anstellen, die freilich bei der Kleinheit der Dinge nicht exact sein können; jedenfalls kommen aber solche möglichst sorgfältige Schätzungen der Wirklichkeit nahe, wenn sie mit denen anderer Autoren übereinstimmen.

Ich stellte solche Berechnungen mit verschiedenen Vergrösserungen an und kam immer zu dem gleichen Resultate. Mit Objectiv 7*a* Reichert erschien mir an günstigen Stellen immer ein braunes Fäserchen oder Röhrchen zwischen je zwei Theilstrichen des Ocularmikrometers deutlich von einem anscheinend doppelt so breiten Streifen farbloser Grundsubstanz jederseits begränzt, so dass die beiden benachbarten, parallel laufenden Röhrchen gerade von den schwarzen Theilstrichen des Mikrometers verdeckt werden. Der Werth eines solchen Zwischenraumes betrug für diese Linsencombination 3 μ, und nach dieser Schätzung hätten ohne Zwischensubstanz also 5—6 solcher

Röhrchen in einem Zwischenraum Platz, was für den Durchmesser des einzelnen 0·5—0·6 μ ergeben würde.

Mit apochromatischer Immersion Reichert 2 *mm* Brennweite und Compensationsocular Nr. 4, in welches der Massstab eingelegt wurde, konnte ich nur den Werth eines Röhrchens gegen die Distanz zweier Theilstriche abschätzen und bestimmte denselben auf $^1/_3$ oder wenig mehr; das Intervall wurde auf 1·6 μ berechnet, so dass sich der Fibrillendurchmesser auf 0·5 stellte. Dasselbe Objectiv mit Compensationsocular Nr. 8 zeigt ein braunes Röhrchen, mehr als die Hälfte eines Intervalles betragend, dessen Werth 0·96 μ ist.

Diese Resultate schwanken unter einander also höchstens um Hundertel von Mikren, stimmen aber auch mit der Schätzung v. Ebners an recenten Knochen vollkommen überein.

Obschon diese Messungen kaum mehr einen Zweifel über die Natur der braunen Fäserchen zulassen, so sind doch jene Stellen wohl zu beachten, wo ein solcher Faserzug beim Tieferstellen des Tubus von einem anderen meist unter 45° gekreuzt wird, ganz wie es nach v. Ebner und Kölliker der verschiedenen Anordnung der Knochenfibrillen in den verschiedenen Lamellen entspricht.

Alles in Allem ist es mir nach genauer Durchforschung dieser Schliffe nicht mehr zweifelhaft, dass man es hier mit einer natürlichen Injection der Fibrillenröhrchen zu thun hat, indem an die Stelle der organischen Fibrillen eine braune Substanz getreten ist, welche deren Form wiedergibt.

Ja, es gelingt sogar diese künstlichen Fibrillen durch Auflösung eines Splitters in Salzsäure in Bündeln zu isoliren, wobei sie dann ganz das Ansehen gebräunter Bindegewebsfibrillen gewähren.

Diese Thatsachen sind erklärlich, wenn man sich die Fibrillen des frischen Knochens als unverkalkt vorstellt; sie sind aber völlig unbegreiflich, wenn man mit Kölliker annimmt, dass die Knochengrundsubstanz aus verkalkten Fibrillen ohne Zwischensubstanz besteht.

Ich habe mich bei der Besprechung der Knochen vom *Mastodon* und derjenigen aus dem Unterpliocaen öfter des Aus-

druckes „Fibrillenrörchen“ bedient, ohne für die Berechtigung desselben weitere Beweise anzuführen, als die eigenthümlichen Polarisationserscheinungen und einzelne Stellen, an denen sie wie injicirt erscheinen. (Vgl. Fig. 3, a.)

Die erörterten Verhältnisse an den Knochen von *Hippopotamus* rechtfertigen nun diesen Ausdruck und führen einen neuen Beleg für die von v. Ebner betonte Anschauung in's Feld, dass die leimgebenden Fibrillen des Knochens unverkalkt seien, deren Beweiskraft wohl nicht von der Hand gewiesen werden kann.

Obwohl v. Ebner's letzte Arbeit in der Controverse mit Kölliker dazu angethan schien, alle Bedenken gegen seine Behauptung zu zerstreuen, so beharrt Kölliker dennoch heute noch auf seiner Meinung, und so viel mir aus seinen Bemerkungen über die Sache [1] hervorzugehen scheint, sind es vorzüglich drei Gründe, warum sich der ausgezeichnete Forscher ablehnend gegen die Anschauung v. Ebner's verhält: 1. Ist eine Kittsubstanz bisher im Knochen nicht, oder nicht in genügender Menge nachgewiesen. 2. Konnte sich Kölliker auch an stark geglühten Präparaten nirgends die Gewissheit verschaffen, dass andere Theile Luft enthalten, als die Knochencanälchen und Sharpey'schen Fasern, und 3. erkennt er den Polarisationserscheinungen nicht jene Wichtigkeit zu, welche sie nach v. Ebner für die Erledigung dieser Frage in der That besitzen.

Ich glaube nun an der Hand des Studiums der Structur fossiler Knochen wenigstens die Richtigkeit des Satzes von den „unverkalkten Fibrillen“ bestätiget zu haben und möchte zu den drei angeführten Punkten noch Folgendes bemerken: Für die Beantwortung des ersten Punktes gewinnen wir an unseren Schliffen keine Anschauung, und muss ich betreff dessen auf die Ausführungen v. Ebner's in seiner zuletzt angeführten Arbeit (S. 223) und auf die folgende Beschreibung des Knochengewebes vom Gaumenbein des Torfschweins verweisen; wohl aber überzeugt man sich an diesen Schliffen mit deutlich injicirten Fibrillen-

[1] Über den feineren Bau des Knochengewebes. Vorläufige Mitth. Sitzungsber. d. Würzburger Phys. med. Gesellsch. 1886. — Der feinere Bau des Knochengewebes. Zeitschrift f. wissensch. Zool. Bd. 44. — Handbuch der Gewebelehre 1889. S. 296.

röhrchen, dass zwischen den Fibrillen Platz genug ist für Kittsubstanz und Kalksalze.

Was den zweiten Punkt betrifft, so spricht die natürliche Injection der Fibrillenröhrchen an fossilen Knochen und die Imbibitionsfähigkeit der lufthaltigen Fibrillenröhrchen deutlich genug dafür, dass bei Zerstörung der Fibrillen lufthaltige oder durch andere Körper ausfüllbare Räume an Stelle der Fibrillen treten.

Am deutlichsten ist jedoch an fossilen Knochen, die nachweisbar fibrillenlos sind, die Umkehr der Polarisationserscheinungen im Gegensatz zu fibrillenhältigen Knochen, wie aus dem bisher Erörterten zur Genüge erhellt; wenn Kölliker behauptet, dass er an seinen gekochten Schliffen, selbst wenn er sie trocken untersuchte, immer noch die typischen Farben normalen Knochens sah, nur hie und da eine geringere Intensität und eine gewisse Unbeständigkeit im Auftreten der Farben, so wird er sich an gut erhaltenen fossilen Knochen, die durch die Länge der Zeit ihrer Fibrillen zweifellos beraubt sind und der Structur nach gut ausgekochten, recenten Knochen vollkommen entsprechen, unzweifelhaft vom Gegentheil überzeugen.

Diese Bedeutung der Polarisationserscheinungen wird an unseren Objecten noch dadurch erhärtet, dass wir im nächsten Abschnitte fossile Knochen kennen lernen, die in der That auch in ihren Polarisationserscheinungen ganz den recenten entsprechen, an denen wir aber dann auch die wohlerhaltenen, leimgebenden Fibrillen nachweisen können.

Um zur Besprechung unserer Schliffe zurückzukehren, bemerke ich, dass Stellen, wie die in Fig. 7 dargestellte, welche die Verhältnisse gleichsam schematisch wiedergeben, nicht sehr häufig sind. An vielen, besonders dickeren Schliffpartien erscheint die Fibrillirung so dicht, dass sie die Knochenhöhlen und ihre Ausläufer gar nicht zur Wahrnehmung kommen lässt, besonders wenn letztere nicht auch injicirt sind, was vielfach der Fall ist.

Weiters darf man mit dem gegebenen Bilde nicht jene Stellen verwechseln, wo die Knochenzellhöhlen der Fläche nach getroffen sind, und die injicirten Ausläufer, meist quer getroffen, eine dichte Punktirung der Grundsubstanz bedingen und so ein Bild hervorrufen, wie es Kölliker in seiner neuesten Auflage

der Gewebelehre Fig. 215 von der Oberfläche des Schienbeines eines Kalbes darstellt.

Schräg angeschnittene Knochencanälchen können oft ein den injicirten Fibrillenröhrchen ähnliches Bild hervorrufen, sie erscheinen aber immer viel massiger, distanter, meist auch dunkler und entbehren vor Allem der charakteristischen Anordnung.

Beweiskräftig sind nur jene Stellen, wo Knochenhöhlen und Canälchen deutlich injicirt erscheinen und die dichte, fibrilläre Streifung senkrecht zu den Canälchen als etwas Besonderes sichtbar ist.

Viele Partien des Knochens sind, wie bereits erwähnt, ganz farblos, ohne jede Einlagerung, besonders an den Querschliffen, die ich besitze, obgleich man auch dann noch die fibrilläre Zeichnung deutlich genug wahrnehmen kann.

Um hier auch gleich die Querschliffsbilder zu besprechen, hebe ich zuerst hervor, dass die Havers'schen Lamellensysteme scharf umgrenzt hervortreten; oft erscheinen sie so dicht aneinandergelagert, dass wir gar keine Schaltlamellen, nur Kittsubstanz zwischen ihnen finden, in welcher häufig noch dunkle Massen eingelagert erscheinen, worauf wir noch zurückkommen. Meist jedoch finden wir zwischen den Havers'schen Lamellensystemen wohlentwickelte Schaltmellen, welche ausgezeichnet sind durch zahlreiche Sharpey'sche Fasern; sie erscheinen entweder lufthältig oder mit der selten dunklen Masse injicirt, wie die Knochenhöhlen und Gefässcanäle, treten daher sehr deutlich hervor, so dass das ganze Bild sehr an einen nach Kölliker's Methode halbgeglühten Querschliff eines Röhrenknochens erinnert.

Die einzelnen Querschliffe Havers'scher Systeme zeigen sehr schön die abwechselnd punktirten und gestreiften Lamellen mit dazwischen gelagerten Knochenhöhlen.

Die Injection mit brauner Masse ist meist nur in einem schmalen Ring um den centralen Gefässcanal zu sehen, an vielen Stellen jedoch betrifft sie den ganzen Querschliff. Dann erkennt man wieder zwischen den Ausläufern der Knochenhöhlen die injicirten Fibrillenröhrchen am deutlichsten in den punktirten Lamellen als dunkle Punkte, während sie in den gestreiften Lamellen nicht so deutlich hervortreten.

Die Polarisationserscheinungen zeigen wieder das umgekehrte Verhältniss, wie bei recenten, fibrillenhältigen Knochen. Am reinsten beobachten wir sie an den farblosen Längsschliffen durch die Rinde; sie erscheinen deutlich negativ. An den injicirten Längsschliffen werden die Polarisationsfarben durch das dunkle Braun entsprechend modificirt.

An den Querschliffen zeigen die Havers'schen Systeme prachtvolle, positive Kreuze in verschiedenen Formen; am häufigsten gehen die Kreuzschenkel nur durch ein paar centrale und periphere Lamellen, während der breite Kreisring in der Mitte neutral, das heisst in allen Azimuthen in der Farbe des Gypsgrundes erscheint. An einzelnen Systemen gehen die Kreuzschenkel durch alle Lamellen durch, am seltensten ist die erste Form mit fehlendem centralen Kreuz.

Wir haben nun noch kurz der fremdartigen Einschlüsse zu gedenken, welche in diesem Knochen vorkommen.

Die Formen, in welchen sie auftreten, sind sehr mannigfaltig, ohne dass wir jedoch daraus auf ihre Natur einen Schluss ziehen könnten. Wir haben schon als solche fremde Einlagerungen kennen gelernt: die braunen Massen in den Fibrillenröhrchen und Knochencanälchen, die dunklen Massen in den Knochenhöhlen und Sharpey'schen Fasern; dieselben erfüllen auch das Lumen mancher Gefässcanäle, während andere wieder nur eine membranartige Auskleidung besitzen.

Sehr bemerkenswerth ist die Beobachtung, dass sich diese dunklen Massen ausser in den Gefässcanälchen und deren nächster Umgebung (man erinnere sich der Querschliffsbilder) vornehmlich in den Kittlinien vorfinden, als ob hier ihre Verbreitung weniger Widerstand gefunden hätte. An manchen Schliffen erscheinen fast sämmtliche Kittflächen bedeckt mit diesen schwarzbraunen Massen, während die Lamellen dazwischen farblos erscheinen, was dem ganzen Knochen ein höchst eigenthümliches Gepräge giebt: es wird dadurch am Längs- wie am Querschliff die Discontinuität der Structur ganz besonders in's Auge fallend.

Weiters nehmen diese anscheinend amorphen Körper Formen an, welche sehr an organische Gebilde erinnern.

In Havers'schen Canälen und von diesen oder den interlamellären Massen ausgehend, bilden sie Formen, welche zwischen

einfachen Gängen und reichlichen Geflechten die mannigfachsten Übergänge zeigen. Diese Geflechte, welche auch die Lamellen in beliebigen Richtungen durchsetzen, sind exquisit dendritisch und zwar meist unter spitzen Winkeln verzweigt, beginnen mit einem dünnen Stiele, während sie im Laufe der Verzweigung förmlich keulenförmig dicker werden. In Fig. 8 ist eine einzelne solche Vegetation von einfacherem Typus dargestellt. Daneben finden wir aber in den Gefässcanälen auch dünne, 1—2 μ im Durchmesser betragende Fäden, welche ebenfalls verzweigt, aber ziemlich gleichmässig dick sind. Diese dünnen Fäden scheinen nun die gröberen, dendritischen Geflechte zusammenzusetzen, wie ich aus einer öfters zu beobachtenden Längsstreifung an den letzteren, zu der sich stellenweise auch noch eine scheinbare Segmentirung gesellt, vermuthe.

In der Nähe dieser pilzähnlichen Gebilde findet man öfter auch Knochenzellhöhlen mit feinsten Körnchen erfüllt, so dass man im Ganzen hier eine ähnliche Mannigfaltigkeit der Bilder findet, wie bei den Mastodonknochen, nur dass hier die Injection der feinsten Räume (Fibrillenröhrchen, Sharpey'sche Fasern, Knochencanälchen und Zellhöhlen) eine vollkommenere ist.

Diluvium.

Torfknochen aus dem Laibacher Moor. *a.* Os palaticum, sus scropha b. Os zygomaticum Reh? *c.* Unbestimmte Gesichtsknochen.

Sämmtliche Knochen zeigen eine Färbung und ein Ansehen, welche an gegerbtes Leder erinnern. Sie schleifen sich langsam und zeigen noch einen gewissen Grad von Elasticität und Biegsamkeit wie recente.

a. Vom Gaumenbein des Torfschweins wurden Längs-, Quer- und Flächenschliffe angefertigt. Bei mikroskopischer Untersuchung fällt an allen zunächst das überaus scharfe Hervortreten einer anscheinend faserigen Structur auf, in welchem Bilde die zart contourirten Knochenzellhöhlen, deren Ausläufer nur stellenweise angedeutet sind, ganz in den Hintergrund treten.

Um den eigenthümlichen Charakter und die Natur dieser scheinbaren Faserung, welche dem Beobachter bei schwacher Vergrösserung als solche erscheint, zu verstehen, müssen wir dieselbe genau und mit den stärksten Vergrösserungen untersuchen.

Schon mit Objectiv IV. Oc. III Reichert kann man das starke Lichtbrechungsvermögen, die gröberen Umrisse und die Anordnung dieser „Fasern“[1] erkennen.

Sie erscheinen stärker lichtbrechend, als die Grundsubstanz, bei hoher Einstellung hell glänzend, bei tiefer dunkel. Sie haben die Form von kurzen Spindeln oder spitzrhombischen Feldern und besitzen nirgends eine grössere Länge, wie sie eigentlichen Fasern entsprechen würde. Ihr Querdurchmesser erreicht an der dicksten Stelle in der Mitte 2·5 μ und mehr. Ihre Anordnung und Zugrichtung in verschiedenen, unter einander gelegenen Ebenen sind sehr deutlich wahrzunehmen und erinnern an die der Fibrillen. Die Dichtigkeit ihrer Anordnung ist, wie man besonders an dünnen Schliffstellen leicht sehen kann, eine viel geringere als die der Fibrillen; sie erscheinen an solchen Stellen ganz distinct, oft durch Zwischensubstanzstreifen vom drei- und vierfachen Durchmesser ihrer eigenen Dicke getrennt.

Schon aus dieser objectiven Schilderung wird man erkennen, dass diese „Fasern“ unmöglich den Knochenfibrillen oder Fibrillenröhrchen entsprechen können; ihre Dicke würde höchstens gestatten, sie als Fibrillenbündel aufzufassen, wogegen aber die an beiden Enden zugespitzte Form, die geringe Länge und die weiten Abstände zwischen den Pseudofasern sprechen.

Wie verhält es sich mit der Doppelbrechung? Dünne Splitter in Alkohol untersucht zeigen über dem Gypsplättchen in der Additionslage ein Blaugrün, an den dicksten Stellen ein Grünlichgelb, in der Subtractionslage ein mehr gleichmässiges Tieforange.

Durch Zusatz von Xylol schwindet diese Doppelbrechung nicht, und wenn man die in Balsam eingeschlossenen Schliffe untersucht, so erscheinen sie alle positiv doppelbrechend in Bezug auf die Längsrichtung der groben Faserung, welche mit den Längsaxen der Zellhöhlen parallel läuft.

Der Knochen ist also in der That positiv doppelbrechend, wie recenter, muss also noch die leimgebenden Fibrillen oder den Leim in gespanntem Zustande enthalten.

---

[1] Ich werde mich des Ausdruckes „Fasern“ zur Bezeichnung dieses Structurdetails bedienen, bis uns die schrittweise Untersuchung die wahre Natur derselben und damit auch die richtige Bezeichnung kennen lehrt.

Wir wollen auf den Nachweis der Fibrillen später eingehen und vorerst noch den optischen Charakter unserer Pseudofasern näher ins Auge fassen.

Die polarisationsmikroskopische Untersuchung so feiner Structurverhältnisse ist nicht immer leicht; wenn man aber den Condensor über dem Polarisator entfernt und die „Fasern“ mit einem stärkeren Objectiv (System *F*, Zeiss) untersucht, so sehen wir den Knochen in der Additionslage deutlich in blauer, in der Subtractionslage in gelber Farbe, während unsere Fasern in beiden Stellungen in einem dunkleren, röthlichen Ton erscheinen. Man erhält dann den Eindruck, als bildeten sie spitzrhombische Lücken in einem Flechtwerke.

Wir können schon jetzt durch einen einfachen Schluss zu einer bestimmten Anschauung über die Natur dieser scheinbaren, derben Faserung gelangen. Die Fibrillen müssen nach dem optischen Befunde vorhanden sein, diese derben „Fasern“ können es vermöge ihrer morphologischen und optischen Verhältnisse nicht sein, also können die Fibrillen nur zwischen denselben verlaufen; wir nehmen sie nur nicht wahr, wegen der starken Lichtbrechung der groben „Fasern“. Dass es sich in der That so verhält, erkennen wir sehr deutlich an einem geglühten Schliffsplitter; hier tritt die feinfibrilläre Zeichnung sehr scharf hervor, ebenso die Contouren der Zellhöhlen und deutlich, wenn auch schwach, die Knochencanälchen, die grobfaserige Zeichnung jedoch ist verschwunden, ohne dass an ihre Stelle etwas Fremdartiges getreten wäre.

Nach dieser Erkenntniss können wir nun auch über die Natur der groben „Fasern“ ganz bestimmt aussagen, dass sie zwischen den sich durchschneidenden Fibrillenbündeln gelegene Maschenräume sein müssen, woraus sich auch ihre Form hinlänglich erklärt.

Wir müssen auch hier an die Erfahrungen an recenten Knochen erinnern.

Schon Sharpey hat hervorgehoben, dass die Knochenfasern sich vielfach durchkreuzen, anastomosiren und rhombische Maschen bilden, und bei v. Ebner[1] finden wir sowohl Bilder, als eine Beschreibung, welche dem von uns Gesehenen ziemlich genau entspricht; er

[1] Über den feineren Bau der Knochensubstanz, l. c. S. 29.

sagt: „Untersucht man die Bündel an den Rissenden der Lamellen mit den stärksten Vergrösserungen, so erhält man den Eindruck, dass sie der Fläche der Lamellen entsprechend unter einander verflochten sind, so dass spitzere oder stumpfere, rhombische Maschen entstehen, in welchen häufig die Durchschnitte von Knochencanälchen zu sehen sind (Fig. 7 und 8, Taf. I)“. An einer anderen Stelle[1] finden wir noch die wichtige Bemerkung, dass die Knochencanälchen sich ausnahmslos durch die Kittsubstanz bohren, welche die mehr oder weniger spitzrhombischen Maschenräume zwischen den Fibrillenbündeln ausfüllt.

Wir haben bis jetzt der Zellhöhlen und ihrer Canälchen nur nebenbei gedacht und müssen an unseren Maschenräumen auch noch die eben citirte Forderung erfüllt finden, wenn unsere Behauptung richtig sein soll, dass die beschriebene grobe „Faserung“ den interfasciculären Spaltsäuren entspricht.

Die Knochenzellhöhlen sind mit Luft erfüllt, ebenso ihre Ausläufer; wird dieselbe am infiltrirten Schliff durch den stark aufhellenden Balsam verdrängt, so erscheinen die Zellhöhlen als Lücken mit zartem Contour, während die Ausläufer meist gar nicht sichtbar sind oder nur an günstigen Stellen als zart angedeutete Streifung senkrecht auf den Zug der Fibrillen hervortreten.

Untersuchen wir aber eine dünne Schliffstelle, an der die interfasciculären Kittmaschen distinct hervortreten mit apochromatischer Immersion, so bietet sich uns ein Bild, wie ich es in Fig. 9, Taf. II darzustellen versucht habe und welches wohl den letzten Zweifel über unsere Auffassung schwinden macht.

Die bei schwacher Vergrösserung so auffallend starke Lichtbrechung der rhombischen Maschen ist mit zunehmender Vergrösserung nicht mehr so auffallend und mit der Immersion von 2*mm* Brennweite, Compensationsocular 8 oder 12 betrachtet, erscheinen sie als mattglänzende, spitzrhombische Felder, in deren jedem ein, zwei, selbst drei vacuolenartige Gebilde wahrgenommen werden, welche halbrund, bald elliptisch erscheinen. Bei aufmerksamer Betrachtung kann man sie bei wechselnder Focuseinstellung meist in Zusammenhang finden

---

[1] l. c. S. 35.

mit einem der Länge nach zu sehenden Knochencanälchen, welches mit der nächst gelegenen Knochenzellhöhle in Verbindung steht.

Die wie Vacuolen erscheinenden runden oder elliptischen Lücken in den interfasciculären Maschenräumen sind die Quer- oder Schrägschnitte der Knochencanälchen, wie sich direct beobachten lässt und womit auch Dimensionen und Vertheilung übereinstimmen.

Bei dieser starken Vergrösserung wird nun auch an manchen Stellen zwischen den Maschen die zarte, fibrilläre Zeichnung sichtbar, und somit findet das von vorneherein schwer verständliche Bild eine befriedigende Erklärung. Nun wird auch die Zugrichtung der Kittmaschen und ihre Anordnung in weiteren Zwischenräumen verständlich; diese entspricht den Knochenkanälchen, jene muss nothwendig mit der Zugrichtung der Knochenfibrillen übereinstimmen, wie ja schon v. Ebner die Abhängigkeit der Anordnung der Kittsubstanz von der der Fibrillen nachgewiesen hat. Der Grund, warum an diesen Präparaten die Kittsubstanz so augenfällig bemerkbar ist, muss in einer nicht näher verständlichen Veränderung ihres Brechungsvermögens gesucht werden.

Über ihr mikrochemisches Verhalten kann ich nur folgende Angaben machen, die das Ergebnis von Parallelversuchen sind, welche ich an vorerst auf histologisches Verhalten und Doppelbrechung genau untersuchten Schliffen anstellte.

Bei 16stündigem Liegen in Äther oder absolutem Alkohol waren die stark lichtbrechenden Kittsubstanzmaschen verschwunden, dagegen traten Knochenzellhöhlen und Canälchen ungemein deutlich hervor; Xylol bewirkte in derselben Zeit nur eine unvollständige Lösung, die Maschenräume waren noch erkenntlich, wenn auch nicht mehr so deutlich.

In allen drei Fällen erschien die positive Doppelbrechung nicht merklich geändert.

Ein geglühter und lange (durch 19 Stunden) gekochter Schliff zeigte auch nichts mehr von den faserartigen Massen; bei dem ersteren war die Doppelbrechung schwach negativ geworden, bei letzteren noch deutlich positiv geblieben. Schliffe, durch 16 Stunden in 20procentiger Natronlauge gelegen, zeigten sich mit zahlreichen, kleinsten Tröpfchen bedeckt, welche bei hoher Einstellung hell, bei tiefer dunkel erschienen, sich also wie Fett-

tröpfchen verhielten; die starken glänzenden Maschenräume waren verschwunden, dagegen trat die fibrilläre Zeichnung, wie auch in den beiden vorigen Fällen sehr deutlich hervor.

Unverändert blieben die Schliffe in Bezug auf die Kittsubstanzmaschen an Schliffen, die in salzsäurehältiger Kochsalzlösung entkalkt worden waren.

Nach diesen Beobachtungen scheint es sich um einen fettartigen Körper zu handeln; den Effect des Kochens könnte man sich so erklären, dass das durch die Hitze flüssig gewordene Fett mechanisch entfernt wurde.

Wir haben nun noch den Nachweis des histologischen Substrates für die positive Doppelbrechung, nämlich den der leimhältigen Fibrillen zu erbringen. Das geschieht am einfachsten durch die Entkalkung eines Schliffes in v. Ebner's Entkalkungsflüssigkeit; dabei bleibt der „Knochenknorpel" zurück und zeigt alle Structurdetails des kalkhältigen Schliffes und ebenso hat die positive Doppelbrechung desselben keine Einbusse erlitten.

Das Havers'sche Canalsystem stellt ein eigenthümliches, reichlich anastomosirendes, ziemlich dichtes Maschenwerk dar und enthält keine fremden Einschlüsse. (Fig. 10, B, Taf. II.)

b) Vom os zygomaticum besitze ich nur einen Schliff parallel zur Oberfläche des Knochenbogens.

Derselbe erscheint, obwohl sein Gehalt an Kalksalzen kaum geändert sein dürfte, wie ein entkalkter Knochenschliff mit gequollenen Fibrillen; die Structur ist ganz verwischt, die Knochenzellhöhlen erscheinen nur als enge Spalträume in der gleichmässig braun gefärbten, stellenweise wie homogen erscheinenden Grundsubstanz; nur Gefässcanäle und die Grenzen abgerissener Lamellen sind deutlich wahrnehmbar.

Bringt man den Schliff mit der Längsrichtung der Gefässcanäle in die Additionsebene, so erscheint er gleichmässig in sinkender Farbe, bis auf wenige Stellen, welche noch steigende Farbe, Blau II. O. zeigen. Untersucht man die anscheinend positiv doppelbrechenden Stellen genauer, so sieht man, dass hier keinesfalls die Fibrillen eine zur Additionsrichtung senkrechte Zugrichtung besitzen, sondern dass hier in der That noch Leim enthalten ist, während der grösste Theil des Knochens sich wie ein ausgekochter Schliff verhält. Dieser geringere Erhaltungs-

zustand im Gegensatz zum Gaumenbein wird wohl verständlich, wenn man die Dünnheit und oberflächliche Lage des Jochbeins bedenkt, welche es zerstörenden Einflüssen leichter zugänglich machen mussten.

Eine besondere Beachtung verdient dieser Knochen jedoch wieder durch das Vorkommen von Bohrgängen, welche eine so eigenthümliche Art besitzen, dass ich bei ihrem Anblick zuerst schwankend wurde, ob man alle die beschriebenen anderen Canäle wohl ohneweiters auf die Einwirkung pflanzlicher Organismen zurückführen könne, wenn dies auch für manche (*Mastodon, Hippopotamus*) sehr wahrscheinlich erscheint. Fig. 10 A giebt die Bilder zweier solcher Bohrgänge genau wieder und Niemandem dürfte ihre Ähnlichkeit mit den Gängen kleiner Insecten entgehen. Die Weite der Canäle beträgt 8—9 μ, während besonders am Zusammenfluss mehrerer Gänge Ausbuchtungen vorkommen, welche eine Weite von 16—17 μ erreichen. Sie erscheinen bis auf wenige, winzige Körnchen leer und sind nicht sehr zahlreich, sondern meist auf die oberflächlichen Partien des Knochens beschränkt.

Da ich in der Kenntniss niedriger, pflanzlicher Organismen, die man für das Zustandekommen dieser Canäle hätte verantwortlich machen können, nicht bewandert bin, so zeigte ich meine Präparate einem pilzkundigen Collegen, und Herr Privatdocent Ritter v. Wettstein hatte die Liebenswürdigkeit, dieselben durchzusehen und über die Natur der meisten dieser Bohrgänge eine bestimmte, wenn auch negative Erklärung abzugeben, welche ich wegen des Interesses, das man diesem häufigen Vorkommen in fossilen Knochen besonders in Hinsicht auf die Publication Roux's zuwenden muss, hier mit den Worten des Untersuchers, dem ich mich zu herzlichem Dank verpflichtet fühle, folgen lasse.

„Die von mir gesehenen Präparate von *Mycelites* lassen für mich keinen Zweifel darüber zu, dass die sämmtlichen fraglichen Gebilde, mit Ausnahme jener im Hippopotamus-Röhrenknochen, keine Pilze sind. Wenigstens lassen sie, und nur so weit kann man ja mit Rücksicht auf Fossilien bestimmtes sagen, keine Analogien mit recenten Pilzen zu.

Gegen die Pilznatur sprechen folgende Momente.

1. Der Nichteintritt der Cellulose-Reactionen. Im Schweizer'schen Reagenz (Kupferoxydammoniak) erfolgte keine Lösung. — Jodjodkalium und Schwefelsäure sowie Chlorzinkjod gaben selbst nach mehrstündigem Einwirken keine Färbung.

Man könnte immerhin einwenden, dass die Ursache des Nichteintrittes der Reaction darin gelegen sei, dass man es eben mit der als „Pilzcellulose“ bezeichneten Modification der Cellulose zu thun habe. Doch unterblieb auch die Reaction, nachdem das Präparat durch zwölf Tage der Einwirkung von Kalilauge ausgesetzt war.

2. Fehlen von Membranen. Eine Zellmembran ist in den mir vorliegenden Präparaten nirgend zu sehen, ebenso auch nirgend sichere Scheidewände. Ich habe gerade diesem Umstande besondere Aufmerksamkeit zugewendet. In manchen Fällen glaubte ich Scheidewände zu sehen, ähnlich wie sie Roux abbildet, doch stellte sich dies bei genauerem Zusehen stets als irrthümlich heraus.

Das Fehlen der Membranen und das Ausbleiben der Cellulose-Reaction beweisen, dass auf keinem Falle der Pilz selbst vorhanden ist, es könnte sich also höchstens noch um Ausgüsse von Pilzhöhlungen handeln. Doch auch gegen diese Ansicht sprechen weiters folgende Momente.

3. Die Dicke der Fäden. Die Mycelfäden parasitischer Pilze schwanken in der Dicke zwischen 2 und 4 μ. Dickere Hyphen kommen nur bei besonders üppigem Wachsthume (und zwar vorwiegend in flüssigen Medien) und bei Dauermycelien vor. Ferner finden sich Mycelfäden von bedeutenderer Dicke bei Saprolegniaceen, bei denen allerdings Fäden bis zu 40 μ. Dicke vorkommen; doch sind dieselben hier sicher auszuschliessen.

4. Die Art der Verzweigung. Die Unregelmässigkeit in der Verzweigung der Mycelfäden ist eine bloss scheinbare. Jedes Mycel hat seine charakteristische, wenn auch oft etwas gestörte Verzweigung der Hyphen. Eine gesetzmässige Verzweigung fehlt aber in unserem Falle ganz. Ich habe eine Reihe von Stücken in ihrer Verzweigung genau studirt und kann sagen, dass eine solche Verzweigung bei keinem mir bekannten recenten Pilze vorkommt.

5. Die Art des Wachsthums. Es ist von keinem Pilze ein Wachsthum bekannt, das jenem des *Mycelites* nur halbwegs ähnlich wäre. In Geweben parasitisch oder saprophitisch wachsende Mycelien pflegen in Intercellularräumen oder sonstigen Höhlungen zu wuchern. Wenn direct Membrane durchbohrt werden, so geschieht dies entweder um die betreffende Zelle auszubeuten, und dann endigt die Hyphe in der Zelle, oder, wenn ein weiteres Durchbohren von Membranen erfolgt, dann sind es überaus zarte Mycelfäden, die dies ausführen und nicht Hauptstränge.

6. Die sogenannten Sporen. (Siehe Roux.) Was Roux als Sporen bezeichnet, habe ich in einem der vorliegenden Präparate deutlich gesehen. Wenn man ähnliche Sporenbildungen bei recenten Pilzen sucht, so findet man sie höchstens bei niederen Pyrenomyceten und Saprolegniaceen. Beides ist ausgeschlossen, da die ersteren die sporenführenden Schläuche niemals einzeln und isolirt, sondern immer in sogenannten Perithecien führen, letztere dagegen wohlabgrenzte kuglige oder eiförmige Sporangien von bedeutenden Dimensionen besitzen. Wenn man überhaupt eine Ähnlichkeit sucht, so wäre vielleicht eine solche mit Schwärmsporen mancher Pilze, z. B. der Saprolegniaceen, zu finden, besonders wenn man nur Abbildungen derselben in Betracht zieht. Dass es sich um die fossilen Reste solcher hier nicht handeln kann, wird sofort klar, wenn man deren Natur als zarte, hautlose Plasmaklümpchen erwägt.

Abgesehen jedoch von dieser Unmöglichkeit, ein Analogon der Sporenbildung unter den recenten Pilzen zu finden, sprechen zwei Gründe gegen die Auffassung dieser Bildungen als Sporen. 1. die ungleiche Grösse und 2. die Bildung im Innern des Nährbodens. Sporen sind Verbreitungsmittel, ihre Anlage im Innern eines festen Substrates ohne besondere Einrichtung zur späteren Befreiung wäre daher eine zweckwidrige Einrichtung."

c) Unbestimmte Gesichtsknochen.

Dieselben bieten nichts bemerkenswerth Neues. Ihre Structur ist vorzüglich erhalten, ohne fremde Einlagerungen; die Knochenzellhöhlen und ihre Ausläufer sind lufthältig und auch am aufgehellten Schliff deutlich wahrnehmbar. Die fibrilläre Zeichnung tritt am Längs- und Querschliff sehr deutlich hervor,

besonders dort, wo Lamellen abwechselnd im Längs- und Querschliff getroffen sind.

Untersucht man die Schliffe auf ihre Doppelbrechung, so findet man wieder eine positive, wie bei recenten Knochen; demgemäss entspricht die fibrilläre Zeichnung in der That den erhaltenen Fibrillen, wie man sich nun auch durch die Entkalkung eines Schliffes überzeugen kann.

Am entkalkten Schliff zeigen die gleich zu besprechenden Sharpey'schen Fasern, die ihre Doppelbrechung noch erkennen lassen, vielfach ein perlschnurartiges Aussehen. Ihr Vorkommen ist ein reichliches, aber nirgends bilden sie gröbere Bündel; da sie vielfach senkrecht zum Fibrillenverlauf angeordnet sind, treten sie im Polarisationsbilde scharf hervor, als blaue Fasern im gelben oder als gelbe im blauen Felde.

Am Querschliff findet man fast keinen Gefässcanal quergetroffen, sondern sie verlaufen meist tangential oder radial, durch kurze, fast rechtwinkelig abbiegende Queräste sich verbindend, so dass der ganze Knochen in oblonge Felder getheilt wird, deren Randpartien, die deutlich lamelläre Structur zeigen, je zwei begrenzenden Gefässen zugehörig sind, während in der Mitte ein Streifen faserigen Knochengewebes wie eine Grenzlinie durch das Feld läuft; in derselben liegen die zahlreichen Sharpey'schen Fasern, die senkrecht zu den begrenzenden Randlamellen verlaufen und so eine auffallende Querfaserung des oblongen Knochenfeldes bedingen.

Stellenweise nun erscheinen mitten in diesem Knochengewebe Querschnitte Havers'scher Lamellensysteme, welche sich durch ihre wellige, buchtige Kittlinie scharf von der Umgebung absetzen.

Dieser ganze Typus entspricht einem jugendlichen, unfertigen Knochen und können wir mit Bestimmtheit sagen, dass er einem jugendlichen Individuum angehört hat [1]. Zum Schlusse möchte ich hier noch Einiges über die merkwürdige Thatsache bemerken, dass fossile Knochen noch Leim, beziehungsweise leimgebende Fibrillen enthalten; es ist dies eine bekannte That-

---

[1] Man vergleiche Kölliker's Gewebelehre 1889. S. 272. Fig. 209.

sache, obwohl sie meines Erachtens nur für die Knochen des Diluviums Giltigkeit haben dürfte.

So erwähnt Valentin[1], dass Schliffe von Torfknochen des Hirsches und des Schweines aus der Umgebung der Pfahlbauten von Moosseedorf eine merklich schwächere Doppelbrechung darboten, als frische Knochen, welche Beobachtung besagt, dass sie sich doch noch wie recente Knochen verhielten, das heisst positiv doppelbrechend waren. Da es sich hierbei um Schliffe handelte, die jedenfalls in Balsam oder Lack aufgehellt waren, so wird man diese Doppelbrechung mit Recht auf den Leimgehalt der Knochen zurückführen können. Ich möchte die Richtigkeit dieser Angabe Valentin's nicht bezweifeln, da ich ja selbst leimhältige Torfknochen beschrieben habe, wogegen ich seine Angabe über die unveränderte Doppelbrechung des Knochengewebes von *Aceratherium*[2] und des Zahnbeines eines (anderen?) fossilen *Rhinoceros*[3] nicht ohneweiters für richtig halte.

v. Bibra[4] giebt ebenfalls an, dass Knochen vom Höhlenbären schon in wenigen Minuten Leim lieferten, „ja diesen vielleicht schon fertig gebildet einschlossen".

Schlossberger[5] endlich erwähnt, dass man in manchen fossilen Knochen den Knorpel (i. e. die organische Grundlage) noch völlig unverändert oder aber im Zustande eines Leimkörpers findet.

Gimbernat bereitete aus Mamuthknochen von Ohio vollständig gute Gallerte.

Arvicola. Unterkiefer. Zuzlavic. Böhmen.

Der halbe Unterkiefer dieses kleinen Nagers wurde in toto eingebettet und zu einem sagittalen Längsschliffe verwendet; ich kann daher nur auf diesen Schliff bezügliche Angaben machen.

Die Knochenstructur ist sehr gut erhalten und lässt sich besonders gut am unteren Rande des Kieferastes studiren, da der Knochen hier eine regelmässige, lamellöse Structur und die

---

[1] l. c. S. 262.
[2] Aeby. l. c.
[3] Valentin l. c. S. 264.
[4] l. c. S. 400.
[5] l. c.

Knochenzellhöhlen auf grössere Streken in reinen Profilansichten zeigt.

Die Lamellen besitzen fast die Länge des horizontalen Kieferastes, ohne von Kittlinien unterbrochen zu werden; wohl aber durchsetzen einige durchbohrende Canäle dieselben fast senkrecht.

Die Schichtung ist sehr ausgeprägt, indem immer eine breitere, längsgestreifte Lamelle abwechselt mit einer deutlich punktirten, schmäleren. Die Streifung der ersteren tritt sehr scharf hervor, ungefähr so, wie an stark erwärmten, in harten Balsam eingeschlossenen Schliffen recenter Knochen. Der ganze Knochen ist leicht gebräunt, an dünnen Stellen fast farblos und die erwähnte Fibrillenzeichnung hebt sich nur durch ihre von der Grundsubstanz verschiedene Lichtbrechung hervor.

Scharf umgrenzt treten die meist zwischen den Lamellen angeordneten Knochenzellhöhlen hervor und lassen dieselben mit schwächerer Vergrösserung einen breiten, glänzenden, kapselartigen Saum erkennen, den man jedoch nicht ohneweiters auf Rechnung der von Broesike[1] genauer beschriebenen Neumann'schen Knochenkapseln setzen darf. Untersucht man sie mit starker Vergrösserung, so findet man sämmtliche Zellhöhlen mit einer homogenen Masse von der Farbe eines Froschblutkörperchens erfüllt; sie erscheint meist von der Wandung gleichmässig retrahirt, wie eine geschrumpfte Knorpelzelle, so dass zwischen ihrem Rande und der Zellhöhlengrenze ein leerer Raum entsteht, welcher bei schwacher Vergrösserung als glänzender Saum imponirt. Dieser erscheint um so breiter, als an diesem Object die erwähnten Knochenkapseln (Grenzscheiden) wirklich deutlich hervortreten.

Die Inhaltsmassen besitzen eine der Configuration der Höhle entsprechende Form und zeigen häufig Quersprünge; über ihre Natur lässt sich nach dem Ansehen allein nichts sagen, aber ich halte es nicht für unmöglich, dass es sich hier um adiposirte Zellkörper handelt.

Die Ausläufer der Zellhöhlen sind selbst mit Apochromatimmersion schwer wahrzunehmen, nur schemenhaft angedeutet;

---

[1] Archiv. f. mikr. Anat. Bd. XXI. S. 695.

wo sie im Querschnitt getroffen sind, erscheinen sie als kleinste Löchelchen, welche vielfach von einem schmalen, lichteren Hof umgeben erscheinen, der hier wohl nur der Ausdruck der Grenzscheide der Canälchen sein dürfte.

Gegen die Symphyse finden sich zahlreiche Sharpey'sche Fasern als lufthältige, gröbere Röhrchen, zwischen denen die Knochenzellhöhlen ganz unregelmässig in den verschiedensten Richtungen zu einander angeordnet sind.

Bringt man den Schliff unter den Polarisationsapparat, so zeigt er dieselben Erscheinungen, wie ein recenter; in den oben beschriebenen Stellen, wo die Lamellen gut entwickelt sind, erscheint er in der Additionslage in Blau 2. O. bis Grüngelb, in der darauf senkrechten orange bis weisslichgelb. Dabei erscheinen die punktirten Lamellen als dunklere Streifen in der Polarisationsfarbe. Auch dieser Knochen ist also noch fibrillen- oder wenigstens leimhältig.

Die Havers'schen Canäle sind sehr unregelmässig in ihrem Verlauf, vielfach Schlingen bildend und entbehren grösstentheils der abgrenzenden Kittlinien, stellen also sogenannte Volkmann'sche Canäle dar.

Ihr Inhalt ist meist Luft, hie und da finden sich braune, kugelige Körnchen in denselben.

Ursus spelaeus. Alveole des Unterkiefereckzahnes. Aus einer mährischen Höhle.

Der Bau dieses Knochenfragmentes ist ein sehr unregelmässiger, die Structur eine typisch geflechtartige mit einzelnen, eingelagerten Havers'schen Systemen und auffallend reichlichen Sharpey'schen Faserbündeln.

Dieses Faserflechtwerk tritt besonders schön an einem Querschliff unter dem Polarisationsmikroskop hervor, da die sich durchflechtenden Bündel in steigenden oder sinkenden Farben, je nach ihrer Lage zur ersten Mittelebene der Gypsplatte erscheinen, während die quergetroffenen Bündel Sharpey'scher Fasern in den Lücken dieses Netzwerkes die Farbe des Gypsgrundes zeigen. Jedoch kann man besonders längs der Gefässcanäle auch wohlentwickelte Lamellenbildung wahrnehmen, und diese Stellen werden uns wieder zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung dienen.

Die Structurdetails sind wohlerhalten und bieten manche Ähnlichkeit mit denen des Gaumenbeins vom Torfschwein. Zunächst fällt dem Beobachter wieder eine eigenthümliche Faserung der Grundsubstanz auf, und zwar eine doppelte. Manche Felder des Schliffes zeigen eine typische, fibrilläre Zeichnung, besonders längs der Gefässcanäle und lassen auch die balsamerfüllten, zartumrissenen Zellhöhlen mit ihren feinen Ausläufern erkennen.

Andere Partien zeigen eine stark lichtbrechende, kurzderbfaserige Streifung, welche mit der des Gaumenbeins vom Torfschwein übereinstimmt. Auch hier rührt der Eindruck dieser Faserung von stärker lichtbrechenden, spitzrhombischen Maschen her, zwischen denen die eigentliche Fibrillirung läuft, die aber wegen ihres geringeren Lichtbrechungsvermögens kaum wahrgenommen wird. Auch die Knochenzellhöhlen und ihre zarten Ausläufer kommen in dieser groben Faserung schwer zur Wahrnehmung, nur sieht man in vielen der rhombischen Maschen einen oder mehrere Querschnitte von Knochencanälchen, aber lange nicht so deutlich, wie beim Gaumenbeim des Torfschweins.

Die Grenzen dieser Felder sind ganz unregelmässig und halten sich durchaus nicht an die natürlichen der Gefässcanäle und Kittlinien. Mitten in einem Lamellenzug, der die zarte Fibrillenzeichnung zeigt, treten auf einmal die starkglänzenden Maschen auf, und an solchen Stellen kann man zwischen sie hinein recht gut die fibrilläre Zeichnung verfolgen, was aber beim Dichterwerden der Maschen nicht mehr möglich wird.

Bemerkenswerth sind einige Stellen, wo ich die Knochencanälchen in grösserer Zahl im Querschliff getroffen habe; hier findet sich um dieselben ein lichter, concentrischer Hof an Stelle des rhombischen Maschenfeldes, und es dürfte schwer sein zu entscheiden, ob es sich hier um die erhaltene Grenzscheide, oder wieder, wie bei den rhombischen Maschen, um die in ihrem Lichtbrechungsvermögen geänderte Kittsubstanz handelt.

Ich halte das Letztere für wahrscheinlicher, da man um die Zellhöhlen nichts von Grenzscheiden bemerkt; dann würden diese Stellen gleichsam den Beginn der Veränderung im optischen Charakter der Kittsubstanz darstellen. Ein ähnliches Bild sehen wir an Querschliffen durch das Zahnbein in der Nähe cariöser

Herde, wo auch jedes Dentinröhrchen von einem stark lichtbrechenden Hof umgeben erscheint.

Was nun die Doppelbrechung des Knochens anlangt, so bietet derselbe unter dem Polarisationsmikroskope über dem Gypsplättchen ein sehr farbenbuntes Bild.

Stark positive Stellen wechseln mit negativen in derselben regellosen Weise, wie die oben beschriebenen fein- und grobgefaserten Felder, und wenn wir eine solche Grenzlinie, welche eine positive Stelle von einer negativen scheidet, näher untersuchen, so finden wir an derselben immer eine fibrillär gestreifte Partie übergehen in eine, welche die starkglänzenden Kittmaschen scheinbar grobfaserig erscheinen lassen.

Alle Felder, in denen die fibrilläre Structur deutlich zu Tage tritt, erweisen sich negativ, alle scheinbar grobgefaserten positiv doppelbrechend.

Ich muss hier noch erwähnen, dass diese Felder mit der veränderten Kittsubstanz im auffallenden Lichte betrachtet einen eigenthümlichen Reflex geben, der theilweise wohl von Luftherrühren mag; denn wenn man eine solche Stelle an einem in Alkohol liegenden Schliff mit dem Polarisationmikroskop untersucht, so zeigt sie bedeutend höhere Farben, als am aufgehellten Schliff. Jedoch darf man die positive Doppelbrechung dieser Stellen nicht vielleicht auf eine durch den geringen Luftgehalt bedingte Interferenzerscheinung beziehen; gegen eine solche Annahme spricht die relative Elasticität des Schliffes, der sich in Theile schneiden lässt, ohne zu zerbröckeln, was gewiss der Fall wäre, wenn er nur aus Kalksalzen bestünde. Der directe Nachweis, dass die positive Doppelbrechung dieser Stellen durch die erhaltene organische Grundlage bedingt ist, wird jedoch durch die Entkalkung eines Schliffes erbracht. An einem solchen entkalkten Schliffe ist die Knochenstructur an den meisten Stellen verloren gegangen, man sieht nur mehr unregelmässige, stark glänzende, tropfenartige, streifige Detritusmassen, weite Lücken, wo der Knochen, seiner organischen Grundlage beraubt, ganz aufgelöst wurde und endlich Stellen, wo die Knochenstructur noch gut erkenntlich ist und auch die zarten Fäserchen der Knochenfibrillen wahrgenommen werden können; diese Partien zeigen auch noch deutlich die positive Doppelbrechung.

Es ist nach diesem Bilde sehr wahrscheinlich, dass der Knochen neben unveränderten, leimgebenden Fibrillen auch gelösten Leim enthält.

Um noch einmal auf den eigenthümlichen Wechsel von Feldern mit fibrillärer Structur und solchen, in welchen dieselbe durch die stark lichtbrechenden Maschen verdeckt wird, zu kommen, so finden wir hier ein Analogon mit den besprochenen Erscheinungen am Gaumenbeim vom Torfschwein. Wie dort die fibrilläre Zeichnung erst sichtbar wurde, wenn das helle Maschenwerk der Kittsubstanz durch Glühen oder Ätherbehandlung entfernt war, so verschwinden hier nun stellenweise, vielleicht durch einen natürlichen Lösungsvorgang, die stark lichtbrechenden Kittsubstanzmaschen und die fibrilläre Zeichnung wird deutlich, zugleich ist aber auch der Leim gelöst worden, denn die Stellen haben ihre positive Doppelbrechung verloren; dort, wo die Lösung der Kittsubstanz noch nicht erfolgt ist, ist auch der Leim erhalten; daher die positive Doppelbrechung.

Ich glaube zwar nicht, dass Kittsubstanz und Leim zu gleicher Zeit zerstört werden, sondern es scheint die Veränderung im Lichtbrechungsvermögen der ersteren, welche wohl den Beginn ihrer Zerstörung bedeuten dürfte, der Auflösung des Leimes vorauszugehen.

Auffallend ist der eingangs erwähnte Reichthum des Knochens an Sharpey'schen Fasern; sie erscheinen in den Grundlamellen einzeln oder zu dickeren Bündeln vereint, an denen dann ihre rundlichen oder polygonalen Querschnitte deutlich wahrgenommen werden. In Fig. 11, Taf. II, habe ich eine Querschnittspartie halb-schematisch wiedergegeben, um einerseits die reichlichen Faserbündel derselben zu zeigen, andererseits, damit man wieder die volle Übereinstimmung mit den Verhältnissen an recenten Knochen erkennen möge, von welchen Kölliker[1] Abbildungen giebt, die der vorliegenden ganz entsprechen.

Überblicken wir kurz das Ergebniss der vorliegenden Untersuchung, so sehen wir als wichtigstes, dass die Doppelbrechung der fossilen Knochen in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle, entsprechend der Zerstörung der Fibrillen, des positiv doppelt-

[1] Gewebelehre 1889. S. 287, Fig. 229 und 230.

brechenden Elementes, eine der Doppelbrechung recenter Knochen entgegengesetzte, nämlich negative ist.

Knochen der jüngsten geologischen Epochen, welche unter günstigen, gleichsam conservirenden Bedingungen gelegen haben, können aber auch eine unveränderte Doppelbrechung zeigen für den Fall, dass die Fibrillen nicht zerstört worden sind.

Die Structur der meisten fossilen Knochen stimmt genau überein mit der von recenten. In einigen Fällen jedoch finden wir nicht unwesentliche Abweichungen von derselben, welche theils vielleicht als eine niedrigere Stufe der Entwicklung (*Ichthyosaurus*), theils als eine charakteristische Eigenthümlichkeit durch besondere Lebensbedingungen ausgezeichneter, nunmehr ausgestorbener Thiere (Halitherien) aufzufassen sind. Untersuchungen über Structur und Entwicklung jetzt lebender Sirenen liegen nicht vor; es muss daher dahingestellt bleiben, ob sich bei diesen jetzt noch ähnliche Verhältnisse finden oder nicht.

Die Structurverhältnisse des fossilen Knochengewebes gestatten den bereits von Quekett und Aeby hervorgehobenen Schluss, dass die Entwicklung und die Lebensvorgänge an diesen Knochen einst nach ganz denselben Gesetzen abgelaufen sind, wie es noch heute geschieht. Bemerkenswerthe Abweichungen oder Modificationen scheinen bei den Halitherien stattgehabt zu haben.

Die Zerstörung fossiler Knochen ging oder geht heute noch vielfach durch Organismen vor sich, zu deren genauerem Studium diese objective Schilderung nur Anregung bieten soll.

Als letztes, aber nicht unwichtiges Ergebnis möchte ich noch die Erkenntniss anführen, dass das Studium der mikroskopischen Formverhältnisse fossiler Knochen eine grosse Bedeutung besitzt für die richtige Beurtheilung recenter Knochenstructur.

Wir finden in der Structur vieler fossiler Knochen vortreffliche Belege unserer heutigen Anschauung über Knochenstructur, und wir sehen, dass schwerer aufzudeckende Details derselben durch Veränderungen, welche in einer langen Reihe von Jahren an fossilen Knochen vor sich gegangen sind, uns deutlicher zur Wahrnehmung und Erkenntnis gebracht werden. Nach den vorliegenden Darstellungen wird man manche fossile Knochen als ein werthvolles Material zum Studium der normalen, recenten Knochenstructur erkennen müssen.

Figuren-Erklärung.

Tafel I.

Fig. 1. Partie des Havers'schen Canalsystems aus der Rippe von *Halitherium veronense*. Längsschliff. 20fache Vergr.

„ 2. Stück eines Querschliffs derselben Rippe. *K*. Kittlinien. *H*. Havers'scher Canal. 120fache Vergr.

„ 3. Längsschliffpartie aus dem grossen Röhrenknochen von *Mastodon*. Die Figur ist in den Details aus mehreren Präparaten construirt, um die wichtigsten Eigenthümlichkeiten des Knochens zu zeigen Fäden im Havers'schen Canal, der theilweise ganz von dunkler Masse erfüllt ist.

Bei *a* injicirte Fibrillenröhrchen und Knochenzellhöhlen; bei *b* einzelne kugelige Gebilde in einer Knochenzellhöhle. Vergr. 110.

„ 4. Lappenförmige Masse im Knochen von *Mastodon*. Im Bereiche derselben und in der Nachbarschaft einige Knochenzellhöhlen und Fibrillenröhrchen injicirt. *H*. Gefässcanal. Vergr. 140.

„ 5. *A*. Mit Salzsäure isolirte Röhrenstücke der Auskleidung eines Havers'schen Canals von *Mastodon*, mit den runden, theils doppelt contourirten Inhaltskörpern. Verg. 140. *B*. Einzelne Formen isolirter Inhaltskörper. Vergr. circa 300.

Tafel II.

Fig. 6. Querschliffpartie aus dem Metatarsus von Pikermi. *H*. Havers'scher Canal mit einem umgebenden Lamellensystem, welches die aufgefaserten Felder noch ziemlich distinct zeigt. *S*. zufällige Sprünge, theilweise in Kittlinien laufend. Vergr. 125.

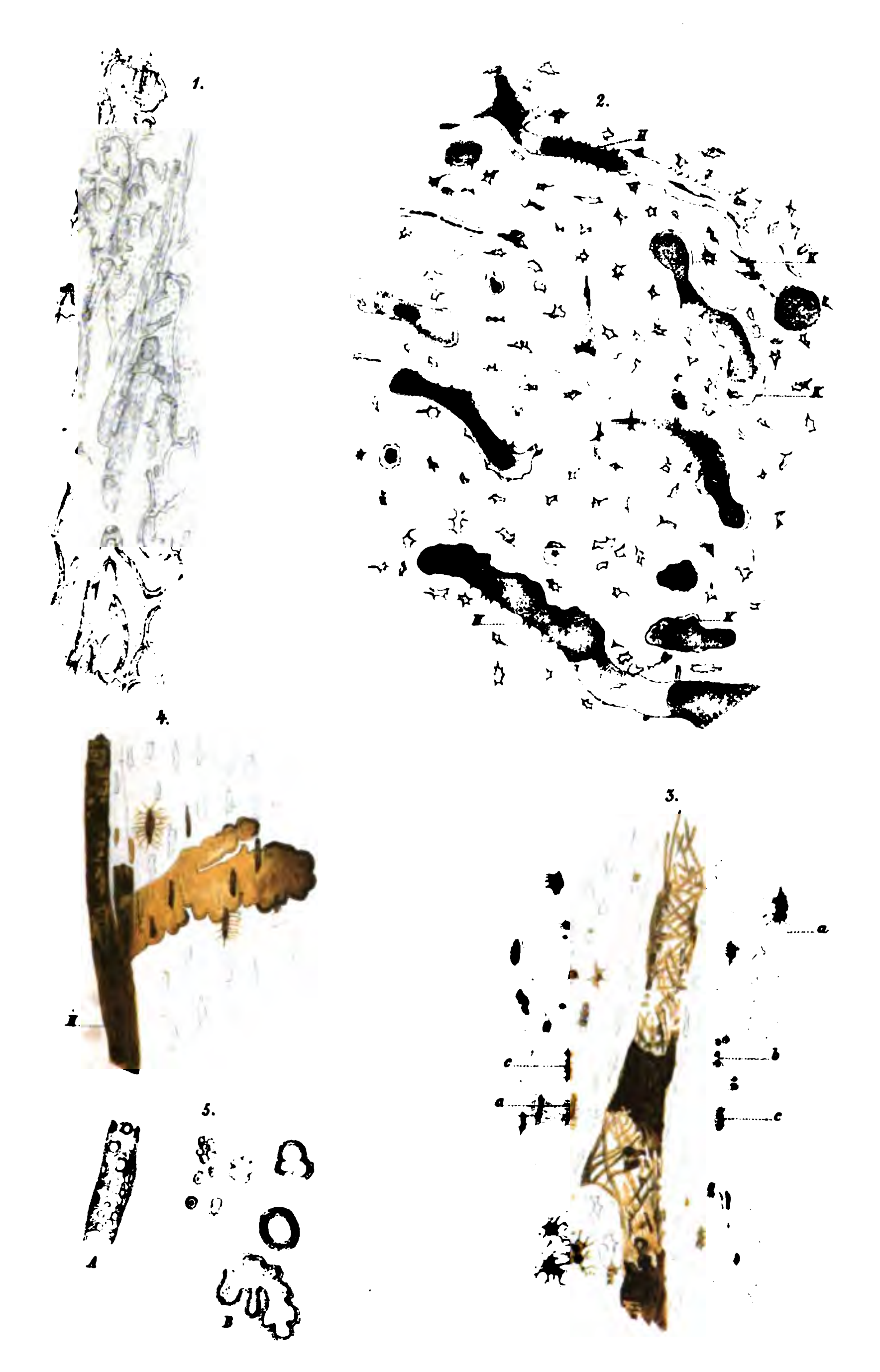
„ 7. Eine kleine Gruppe von injicirten Knochenzellhöhlen aus einem Längsschliffe der Rippe von *Hippopotamus* mit injicirten Fibrillenröhrchen. Vergr. 385.

„ 8. Eine dendritische Vegetation aus den Knochen von *Hippopotamus*; bei *K* eine erfüllte Knochenzellhöhle. Vergr. 520.

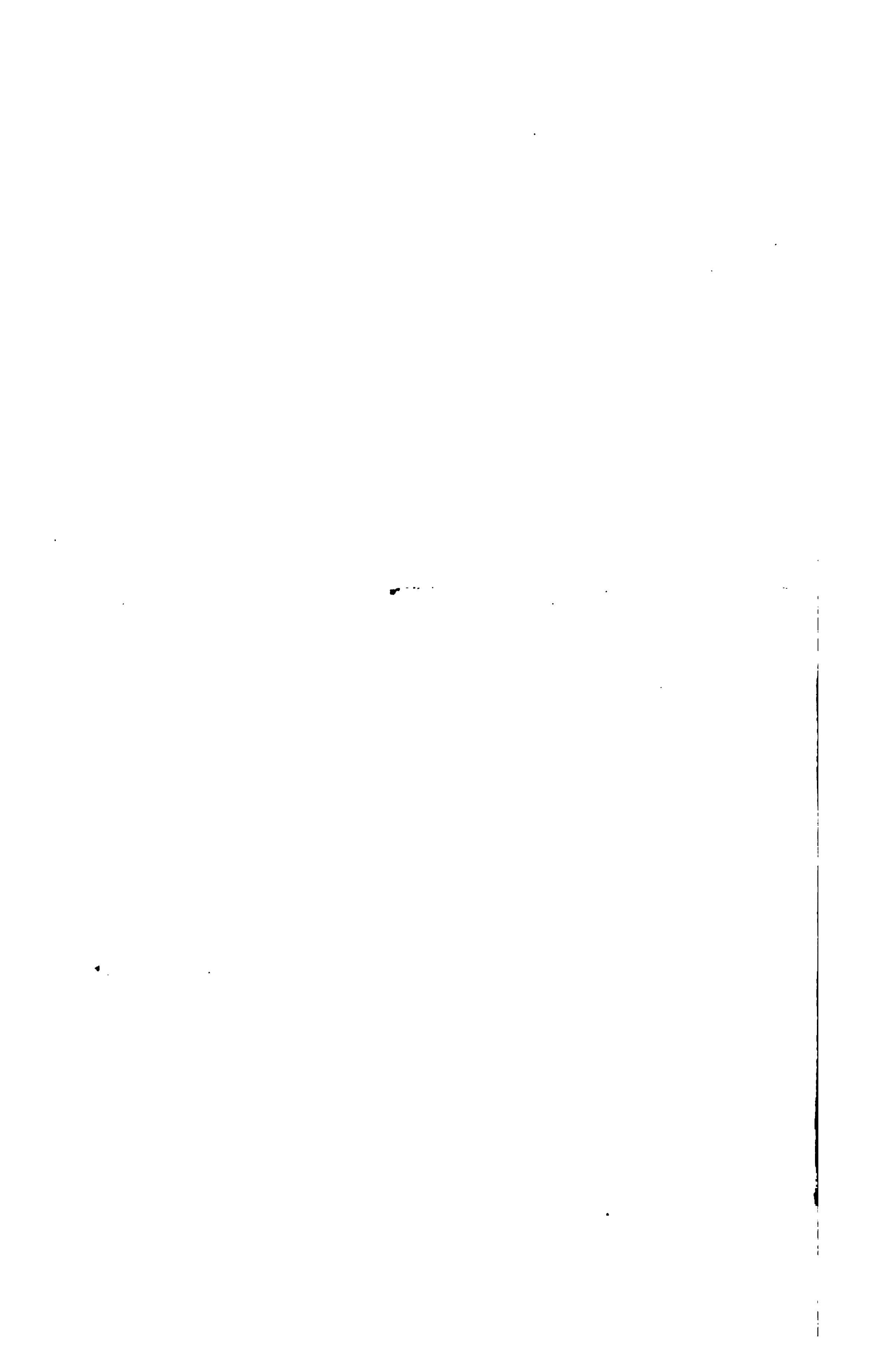
Fig. 9. Eine Knochenzellhöhle *KZ* mit ihren Ausläufern und der angrenzenden Grundsubtanz aus dem Gaumenbein vom Torfschwein. *K.* starklichtbrechende Kittsubstanzmaschen mit Quer- (*A*) und Schrägschnitten (*A'*) von Knochencanälchen. *F.* Fibrillenbündel, sich durchflechtend. Apochromat. Immersion 2*mm* Brennweite. Vergr. 880.

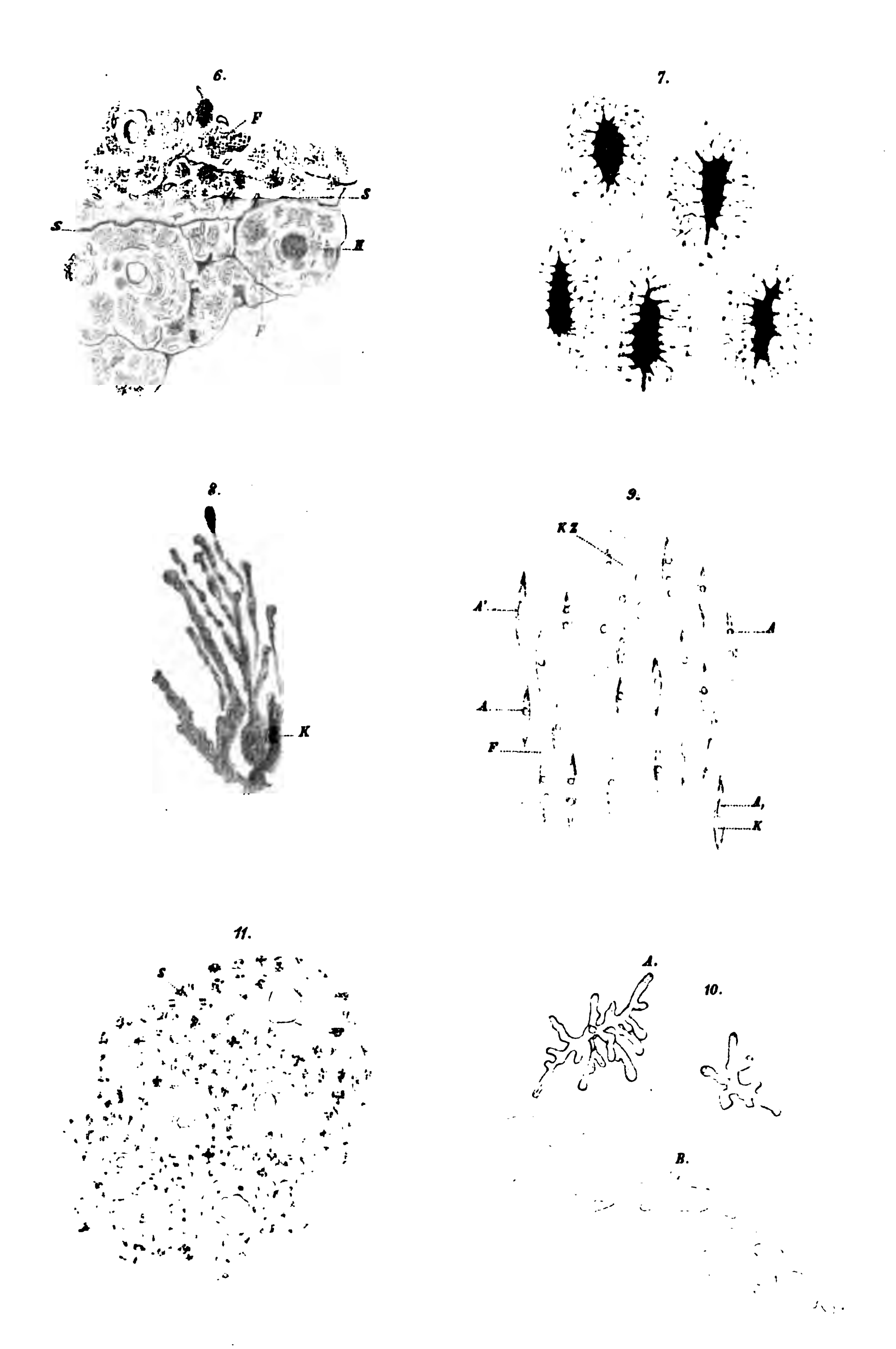
„ 10. *A.* Bohrgänge im Jochbein (Reh?) aus dem Laibacher Moor. *B.* Eine kleine Partie des Gefässcanalsystems aus demselben Knochen. Vergr. 110.

„ 11. Querschliffpartie aus der Alveole des Unterkiefereckzahns vom Höhlenbären. Der Knochen halbschematisch, die Vertheilung der Sharpey'schen Fasern und Bündel, 5 mit der Camera angelegt. Vergr. 50.



Autor delin
Lith. Anst. v. Th. Bannwarth Wien, VII Bez.





Autor delin

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth Wien, VII Bez.

XVIII. SITZUNG VOM 18. JULI 1889.

Das k. k. Ministerium des Innern übermittelt die von den Statthaltereien von Ober- und Niederösterreich vorgelegten Tabellen und graphischen Darstellungen der Eisbildung auf der Donau während des Winters 1888/89.

Das w. M. Herr Regierungsrath E. Mach übersendet eine Abhandlung von Dr. O. Tumlirz, Privatdocenten an der k. k. deutschen Universität in Prag, betitelt: „Das mechanische Äquivalent des Lichtes."

Das w. M. Herr Regierungsrath L. Boltzmann übersendet folgende vier Abhandlungen:

1. „Feldstärkemessungen an einem Ruhmkorff'schen Elektromagneten", von Dr. Paul Czermak und Dr. Victor Hausmaninger.

2. „Über die Abhängigkeit der Dielektricitätsconstante tropfbarer Flüssigkeiten von deren Temperatur", von Victor Fuchs.

3. „Über Faltenpunkte", von D. J. Korteweg.

4. „Über die Art der Elektricitätsbewegung im galvanischen Lichtbogen", von H. Luggin.

Das w. M. Herr Prof. Ad. Lieben überreicht eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit des Herrn C. Glücksmann „Über Oxydation von Ketonen vermittelst Kaliumpermanganat in alkalischer Lösung."

Herr Prof. Lieben überreicht ferner vier Arbeiten aus dem Grazer Universitätslaboratorium:

1. „Zur Kenntniss der hydrirten Chinolinderivate," von Dr. Otto Srpek.
2. „Notiz über das Phloroglucin," von Prof. Z. H. Skraup.
3. „Über das Kynurin," von Z. H. Skraup.
4. „Über das Codeinmethyljodid," von Z. H. Skraup und D. Wiegmann.

Das w. M. Herr Hofrath L. v. Barth überreicht eine in seinem Laboratorium von Dr. C. Pomeranz ausgeführte Arbeit „Über das Methysticin" I.

Das w. M. Herr Prof. V. v. Lang überreicht eine Abhandlung von Dr. Karl Exner: „Über die kleinen Höfe und die Ringe behauchter Platten".

Das c. M. Herr Prof. Sigm. Exner überreicht eine unter seiner Leitung von Dr. M. Grossmann ausgeführte Untersuchung: „Über das Athmungscentrum, insbesondere des Kehlkopfes."

Herr Dr. Alfred Rodler, Assistent am geologischen Museum der k. k. Universität in Wien, überreicht eine Abhandlung: „Uber *Urmiatherium Polaki*, einen Sivatheriden aus dem Knochenfeld von Maragha."

Herr Prof. Dr. E. Lippmann überreicht eine von ihm in Gemeinschaft mit F. Fleissner ausgeführte Arbeit: „Zur Kenntniss einiger Derivate des Oxychinolins."

Herr Dr. Guido Goldschmiedt überreicht zwei im I. chemischen Universitätslaboratorium ausgeführte Arbeiten:

1. „Über die Einwirkung von Kalilauge auf Alkylhalogenverbindungen des Papaverins".
2. „Zur Kenntniss der Papaverinsäure und Pyropapaverinsäure". Diese Arbeit wurde in Gemeinschaft mit Dr. H. Strache ausgeführt.

Über die Athembewegungen des Kehlkopfes

(I. Theil.)

Das Respirationscentrum insbesondere des Kehlkopfes

von

Dr. Michael Grossmann.

(Mit 8 Textfiguren.)

Ausgeführt unter Leitung von Prof. Sigmund Exner in Wien.

Die Kehlkopfmuskeln werden, wie dies schon seit Galen bekannt ist, zum überwiegenden Theil vom N. laryngeus inferior innervirt. Sowohl die Muskelgruppe, deren Contraction zum Verschluss der Glottis führt, als auch jene, die das Öffnen der Stimmritze besorgt, empfangen die motorische Anregung zu ihrer antagonistischen Function hauptsächlich vom N. recurrens.

Auch der N. laryngeus medius und superior ist an der Innervation des Kehlkopfes betheiligt, wenn auch in weit geringerem Grade wie der N. recurrens.

Im vollen Einklange mit dieser Auffassung von den Innervationsverhältnissen des Larynx, steht nun die ebenfalls schon lange gekannte Beobachtung, dass nach Durchschneidung des einen N. laryngeus inferior, oder nach Aufhebung der Function dieses Nerven durch pathologische Verhältnisse das Stimmband der correspondirenden Seite gelähmt wird und zwischen Ab- und Adduction in jener Ruhelage verharrt, die Ziemssen in zutreffender Weise als Cadaverstellung bezeichnete.

Die Erfahrung am Krankenbette lehrt aber, dass nicht immer beide Muskelgruppen, die der N. recurrens innervirt,

gleichzeitig gelähmt werden. Man beobachtet vielmehr, wie dies ja jedem Laryngologen bekannt ist, gar nicht selten Fälle, wo bloss die Adductoren und wieder andere, wo nur die Abductoren paralytisch sind; — wo demnach entweder nur das Schliessen oder nur das Öffnen der Stimmritze ganz oder bloss zum Theile unterbleibt, während die intacte antagonistische Muskelgruppe zuweilen umso energischer in Action tritt. Fälle also, in denen wir nur von einer partiellen Lähmung der einen Kehlkopfhälfte sprechen können.

Während die eine Muskelgruppe ihre Function eingestellt hat, setzt die andere ihre motorische Thätigkeit fort.

Die klinisch-physiologische Deutung dieser Erscheinungen gehört noch zu den ungelösten Problemen der Larynxinnervation.

Man hatte sich vielfach bemüht, diesen Zustand einer Lähmung einzelner Muskelgruppen experimentel nachzuahmen, ohne jedoch bisher zu einem befriedigenden Resultate zu gelangen.

Die Lösung dieser Frage durch eine Wiederaufnahme von Reizungs- und Durchschneidungsversuchen an den bisher bekannten Kehlkopfnerven, oder durch neu aufzunehmende anatomische Präparation, erschien uns ganz aussichtslos. Nach der Arbeit von Prof. S. Exner[1] hatte ich wenig Hoffnung, dass auf diesem Wege noch wesentlich Neues zu finden sei.

Ich stellte mir nun die Frage, ob es denn nicht möglich wäre, durch mechanische Eingriffe in das Centralnervensystem oder durch elektrische Reizung einzelner Abschnitte desselben, gewisse Functionen der Kehlkopfmuskeln aufzuheben respective hervorzurufen und auf diese Weise für die motorische Anregung der einzelnen Muskelgruppen des Larynx den entsprechenden centralen Ursprung kennen zu lernen und genau zu localisiren.

Zur Prüfung dieser Frage habe ich eine grosse Reihe von Versuchen angestellt, die zu einem Ergebnisse geführt hat, das, wie ich glaube, für die Lehre von der Innervation des Kehlkopfes nicht werthlos sein dürfte.

---

[1] Die Innervation des Kehlkopfes. Wiener akad. Sitzber. Bd. LXXXIX, Abth. III.

Wir haben uns im Laufe der Versuche veranlasst gesehen, uns nicht allein mit der „Innervation des Kehlkopfes“, sondern auch mit der Frage vom „Athmungscentrum“ zu befassen, was von vorneherein gar nicht in unserem Plane gelegen war.

Dem entsprechend zerfällt auch unser Bericht in zwei Abtheilungen, deren erste im Nachstehenden enthalten ist.

Wir haben als Versuchsthiere ausschliesslich Kaninchen und zum grossen Theile halbausgewachsene Exemplare gewählt. Gar zu junge Thiere sind zu derlei Versuchen schon wegen der Kleinheit der Organe nicht besonders zu empfehlen, denn es bedarf, von mancher technischen Schwierigkeit ganz abgesehen, der doppelten Aufmerksamkeit, um die subtilen Vorgänge in einem so winzigen Larynx richtig zu erfassen und zu deuten. Grössere, ältere Thiere hingegen bieten zwar in dem umfangreicheren Kehlkopf für die Untersuchung ein geeigneteres und bequemeres Beobachtungsobject, ertragen jedoch die weiter unten zu schildernden operativen Eingriffe, wie die Erfahrung lehrte, sehr schlecht. Es bleibt demnach immer rathsamer und sicherer zu den von uns vorgenommenen Experimenten, wenn möglich halbausgewachsene Kaninchen zu wählen, wie das schon Andere vorher, bei ähnlichen Versuchen, constatirt haben.

Unsere Aufmerksamkeit war zunächst *auf das Verhalten der Athembewegungen der Stimmbänder vor und nach dem jeweiligen experimentellen Eingriffe gerichtet.*

Bekanntlich gehen die Stimmbänder beim Kaninchen, ebenso wie beim Menschen und allen Säugethieren, während der Inspiration, entsprechend der Tiefe der Einathmung mehr oder weniger auseinander, um sich während der Exspiration wieder zu nähern.

Es sollte nun geprüft werden: *ob und welchen Einfluss die geplanten Versuchs-Eingriffe auf dieses Öffnen und Schliessen der Glottis, auf dieses Spiel der Abduction und Adduction während der Athmung ausüben.*

Wir hatten aber unsere Aufmerksamkeit nicht allein auf die geschilderten Bewegungen der Stimmbänder während der spontanen Respiration gerichtet, sondern auch das eigenthümliche Verhalten derselben während der künstlichen Athmung in den Kreis unserer Beobachtung gezogen.

Ganz unabhängig davon, ob das Versuchsthier narcotisirt war oder nicht, konnten wir constatiren, dass in dem Momente, wo wir die künstliche Respiration durch Einblasen von Luft mittelst eines Blasebalges aufgenommen hatten, die Reihenfolge der Stimmbandbewegungen umgekehrt wurde. Während bei der spontanen Athmung mit jeder Inspiration die Glottis sich erweitert, um mit der Exspiration sich wieder zu verengern, sieht man bei der künstlichen Athmung, dass sich die Stimmbänder während der Einblasung nähern und erst in der Phase der Exspiration auseinandergehen.

Diese Thatsache ist von der Schnelligkeit und Intensität der einzelnen Einblasungen ganz unabhängig; hingegen hängt der Grad und die Schnelligkeit des Stimmritzenverschlusses ganz und gar von der Intensität und dem Tempo der künstlichen Einblasungen ab, so dass wir es in unserer Gewalt haben, die Stimmritze des Thieres mit wechselnder Schnelligkeit und Intensität zu schliessen und zu öffnen.

Über diese eigenthümlichen perversen Stimmbandbewegungen während der künstlichen Respiration finde ich in der Literatur nichts erwähnt. Es scheint, dass diese Erscheinung bisher der Beobachtung entgangen ist. Wohl war es aber schon Traube bekannt, dass unter gewissen Bedingungen „jede Einblasung mit Exspiration, jedes Zusammenfallen der Lunge mit einer Inspiration der Lunge beantwortet wird".

Dieselbe umgekehrte Reihenfolge der Athembewegungen während der künstlichen Respiration wurde von Hering und Breuer[1] an den Nasenlöchern und am Zwerchfell des Kaninchens beobachtet. Sie heben ausdrücklich hervor, dass erstere sich „während der Einblasung mehr oder weniger energisch verengern, um sich in den Pausen der Einblasung inspiratorisch zu erweitern", und dass „letzteres, — das Zwerchfell — bei der Einblasung nach aufwärts, in den Pausen der Respiration jedoch nach abwärts steigt". Über das geschilderte Verhalten der Stimmbandbewegungen aber, konnte ich, wie schon erwähnt, nirgends eine Andeutung finden.

[1] Die Selbststeuerung der Athmung durch den Nervus vagus von Dr. J. Breuer, Sitzungsbericht der k. Akademie der Wissensch. November-Heft, Jahrg. 1868.

Eine den Laryngologen wohlbekannte Thatsache ist es aber, dass das Phänomen der perversen Stimmbandbewegungen auch beim Menschen, und zwar nicht erst bei der künstlichen, sondern schon bei der selbstständigen Athmung ab und zu beobachtet wird. Es gibt gewisse klinisch noch unaufgeklärte krankhafte Zustände, wo die Glottis sich in grösseren oder kleineren Pausen eine Zeit lang mit jeder Inspiration schliesst, um sich erst während der Exspiration zu öffnen und dadurch anfallsweise oft genug zu einer bedenklichen Athemnoth Anlass gibt. Es kommen aber auch Fälle vor, wo allem Anscheine nach normale Innervationsverhältnisse des Larynx obwalten und wo wir bei der Spiegeluntersuchung die eigenthümliche Beobachtung machen, dass die Stimmbänder, sobald wir tief inspiriren lassen, um etwa in die Trachea hinabsehen zu können, anstatt wie gewöhnlich auseinanderzugehen, sich im Gegentheile einander nähern.

In welcher Weise dieses ganz umgekehrte Verhalten der Stimmbandbewegungen in den genannten Fällen zu erklären sei, vermag wohl derzeit kaum Jemand mit Bestimmtheit zu beantworten.

Mein hochverehrter Lehrer Professor v. Schrötter, dessen diesbezügliche Ansicht ich mir eingeholt habe, vermuthet, dass gewisse perverse Athembewegungen der Stimmbänder, die auch er bei seinen laryngoskopischen Untersuchungen wiederholt beobachtet hatte, wohl zumeist mit einer psychischen Aufregung in Zusammenhang gebracht werden müssen, in welcher sich die betreffenden Patienten in Folge der Untersuchung befinden.

Der Umstand, dass die Glottis des Kaninchens bei der künstlichen Respiration sich ausnahmslos in der von uns geschilderten Weise verhält, war für uns besstimmend, auch das Verhalten dieser Erscheinung, und nicht allein der Athembewegungen der Stimmbänder während der spontanen Respiration, vor und nach unseren geplanten experimentellen Eingriffen zu prüfen.

So wünschenswerth es auch erschien, nicht allein die Athmungs-, sondern auch die Phonationsbewegungen der Stimmbänder in den Kreis unserer Beobachtungen zu ziehen und ihr Verhalten zu studiren, so mussten wir doch diesen Gedanken schon deshalb aufgeben, weil man diese Bewegungen nicht hin-

länglich in der Gewalt hat. Bekanntlich besitzen wir nur ein Mittel, das Versuchsthier zur Phonation zu bringen und das ist: indem wir ihm einen lebhaften Schmerz verursachen. Bei narcotisirten Thieren ist dieses Mittel aus naheliegenden Gründen schon an und für sich unbrauchbar. Von der störenden Narcosenwirkung jedoch ganz abgesehen, pflegen verschiedene Thiere, selbst derselben Gattung, auf ein und denselben Eingriff ganz verschieden zu reagiren.

Man kann zuweilen den intensivsten Schmerz verursachen, ohne dass das Thier den leisesten Laut anschlägt; eine Beobachtung, die man ja oft genug auch bei grossen, kräftigen Hunden macht, die, wenn sie einmal aufgebunden sind, jedweden operativen Eingriff lautlos, ohne die geringste Schmerzensäusserung, über sich ergehen lassen.

Mag diese Reactionslosigkeit im Schreck, Shock oder in einem nicht näher zu bestimmenden physischen Zustande gelegen sein, so war es uns doch, aus den oben erwähnten Gründen, klar, dass wir die Phonationserscheinung nicht zur Grundlage unserer Beobachtungen wählen durften, wollten wir uns nicht argen Täuschungen und Trugschlüssen aussetzen.

Ganz anders verhält es sich mit der Function der Stimmbänder während der Athmung. Diese besteht aus spontanen, vom Willen des Thieres ganz unabhängigen, mit der Respiration isochron und rhythmisch einhergehenden Bewegungen. Ein partielles oder vollständiges Ausbleiben dieser Function auf der einen oder auf beiden Seiten nach irgend einem experimentellen Eingriffe durften wir demnach als unmittelbare Folge desselben auffassen.

Versuchsanordnung.

Um das Spiel der Stimmbänder während der spontanen und künstlichen Athmung bequem und deutlich verfolgen zu können, haben wir uns nach einer Reihe von Vorversuchen zur folgenden Versuchsanordnung entschlossen:

Nachdem das Thier in der üblichen Weise in der Rückenlage aufgebunden war, machten wir vorerst, theils um im gegebenen Momente das Verhalten der perversen Athmung prüfen zu können, theils auch um das Leben des Versuchsthieres nöthigenfalls durch sofortige Aufnahme der künstlichen Athmung

zu verlängern, die Tracheotomie und legten eine kleine Glascanule ein. In den Fällen, wo die Narcose in Anwendung kommen sollte, wurde in die Vena jugularis externa entweder Chloralhydrat, Morphin, Urethan in entsprechender Dosis injicirt oder subcutan Schwefeläther eingespritzt. Hierauf trennten wir die über dem Kehlkopfe liegende Muskelschichte bis zum Zungenbeine der ganzen Länge nach, bis das Ligamentum thyreo-hyoideum zu Tage lag. Dieses Band wurde dann knapp unterhalb des Zungenbeines [1] mittelst einer feinen geraden Scheere durchstochen und der Schildknorpel von seinen Verbindungen nach oben ohne Verletzung seiner Nerven und Blutgefässe losgelöst. Nun konnte man die Epiglottis oder den noch am Schildknorpel aufsitzenden Rest des M. thyreo-hoyideus mit einer Pincette fassen und den Kehlkopf soweit vorziehen, dass man die Stimmbänder und ihre Athembewegungen bequem und deutlich zu sehen vermochte.

Wir haben diese Methode, uns den Einblick in das Larynxinnere zu verschaffen, allen anderen vorgezogen.

Die Spiegeluntersuchung, die wir zweckmässig nur von unten, von der Trachea aus, hätten vornehmen können, da die Mundhöhle zum Zwecke der Fixation des Thieres geschlossen erhalten werden musste, war zur Beobachtung so zarter Bewegungserscheinungen in einem so winzigen Spiegelbilde nicht besonders geeignet.

Die Spaltung des Kehlkopfes in der Mittellinie und das Auseinanderklappen der beiden Schildknorpelplatten hingegen verschiebt die natürlichen anatomischen Verhältnisse und die physiologischen Bedingungen der Stimmbandfunctionen in so eingreifender Weise, dass man bei dieser Versuchsanordnung sich nur schwer zurechtfinden kann.

Nach Blosslegung des Larynx in der oben geschilderten Weise wurde nun das Thier behufs Vornahme der geplanten Eingriffe in das Centralnervensystem von der Rücken- in die Bauchlage gebracht.

Mittelst eines Längenschnittes wurde die Haut von der Protuberantia occipitalis externa bis zum letzten Halswirbel

[1] Je näher man am Zungenbeine durchsticht, desto geringer ist die darauffolgende Blutung.

gespalten, die oberflächliche Schichte der Nackenmusculatur rechts und links stumpf abgelöst, doppelt unterbunden und in der Mitte durchschnitten. Auf diese Weise wurde die Halswirbelsäule bis auf ihre Dornfortsätze, ohne dass das Versuchsthier mehr als einige Tropfen Blutes verloren hätte, blossgelegt, und wir konnten nun dieselbe an einer beliebigen Stelle öffnen.

Unser Versuchsplan, zu prüfen, ob und welchen Effect gewisse mechanische Eingriffe in das Centralnervensystem, auf die Athembewegungen der Stimmbänder ausüben, machte es uns von vorneherein klar, dass wir zunächst das Gebiet des Vaguskernes nach der angedeuteten Richtung zu untersuchen hatten.

Diesem Gedankengange entsprechend, wurde der Wirbelcanal zwischen dem Hinterhaupte und dem Atlas eröffnet.

Bei etwas stärker flectirtem Kopfe des Versuchsthieres lässt sich diese Stelle genau palpiren und man hat bloss eine dünne Muskelschichte abzutragen, um die darunter liegende Membrana obturatoria posterior blosszulegen. In der Regel ist man dann schon in der Lage, durch das zarte Band hindurch die Conturen des Calamus scriptorius des verlängerten Markes wahrzunehmen.

Wir trennten nun dieses Band hart am Rande des Hinterhauptbeines und excidirten dasselbe, indem wir rechts und links eine Leiste stehen liessen, in welcher bekanntermassen grosse Gefässe — die Arteriae vertebrales — verlaufen.

Auf diese Weise ist es uns gelungen, in der Mehrzahl der Fälle jener profusen Blutung auszuweichen, die nach diesem Eingriffe nur allzu oft aufzutreten und jedwedes weitere Experimentiren durch das in der Regel rasche Absterben des Thieres unmöglich zu machen pflegt.

Vielfach war es nöthig, theils das Hinterhauptbein, vom Foramen occipitale magnum ausgehend, abzutragen, theils den Wirbelcanal in grösserer Ausdehnung zu eröffnen, um auf diese Weise das Centralnervensystem jenen Eingriffen zugänglich zu machen, die sich weiter als nothwendig ergaben.

I. Verhalten der Stimmbandbewegungen nach Querschnitten durch die Medulla oblongata.

Nachdem der Larynx und das verlängerte Mark in der beschriebenen Weise präparirt waren, überzeugten wir uns vor-

erst bei jedem Versuche, noch ehe wir irgend einen Eingriff in das Centralnervensystem vorgenommen hatten, ob denn die Bewegungen der Stimmbänder bei der spontanen, wie künstlichen Athmung auch thatsächlich in normaler Weise vor sich gingen.

Die Nothwendigkeit einer solchen Controle ergab sich nicht allein bei den narcotisirten Thieren, bei denen die eine oder die andere Bewegungsart mindestens für eine Zeit lang schon in Folge der tieferen Narcose auch ohne jedweden operativen Eingriff in das verlängerte Mark ausbleiben kann — sondern auch bei manchen nicht narcotisirten Thieren, wo wir, ohne irgend eine nachweisbare Veranlassung ein solches vollständiges oder partielles Ausbleiben der Athembewegungen hie und da auch beobachten konnten.

Diesem Umstande musste also eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, wenn wir den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung richtig beurtheilen sollten.

So wünschenswerth es demnach auch erschien, und zwar nicht allein aus humanitären Rücksichten, sondern auch im Interesse eines bequemeren Experimentirens an einem sich ruhig verhaltenden Thiere, bei unseren Versuchen, die Narcose in Anwendung zu ziehen, so mussten wir in den späteren Versuchen wegen der erwähnten, für unsere Experimente so störenden Eigenthümlichkeit, die derselben anhaftet, darauf verzichten, — obgleich wir uns andererseits durch zahlreiche Versuche, bei denen Schwefeläther-Urethan-Chloralhydrat- oder Morphiumnarcosen vorgenommen wurde, die volle Gewissheit verschafft haben, dass unsere Versuchsergebnisse durch die Narcose in keinem wesentlichen Punkte alterirt würden.

I. Versuchsreihe. Nachdem alle Vorbereitungen in der bisher geschilderten Weise erledigt waren, wurde nun mittelst eines entsprechend langen und schmalen Messers der blossgelegte Abschnitt des verlängerten Markes zwischen Hinterhaupt und Atlas, etwa in der Mitte des Calamus scriptorius quer durchschnitten und das Thier rasch wieder in die Rückenlage gebracht, um nun die etwaigen, durch den experimentellen Eingriff hervorgerufenen Veränderungen im Larynx genau verfolgen zu können.

Der Effect dieses Eingriffes war ein sofortiger Stillstand jedweder Athembewegung. Die Stimmbänder verharrten in der

Cadaverstellung und auch die energischeste künstliche Respiration vermochte nicht die leiseste Stimmbandbewegung zu veranlassen.

Wir haben nun diesen Versuch, dessen Resultat ja vorauszusehen war, in der Weise wiederholt, dass wir den Querschnitt in der Medulla oblongata um einige Millimeter höher als den ersten und somit etwas entfernter von der Spitze des *Calamus scriptorius* anlegten. Der Effect blieb ganz derselbe.

In den folgenden Versuchen, wo der Schnitt abermals um je 1—2 Millimeter höher verlegt war, wurde am Versuchsergebnisse nichts geändert. Die Athembewegungen sistirten in gleicher Weise, wie nach dem geschilderten ersten Schnitte.

Nun wurde ein Theil des Hinterhauptbeines vom Foramen occipitale magnum ausgehend, abgetragen, der Wurmfortsatz des Kleinhirns zum Theil entfernt und der Boden des vierten Hirnventrikels nach oben in grösserer Ausdehnung blossgelegt.

Wir führten die Querschnitte durch die Medulla oblongata in den folgenden Versuchen immer höher und höher, somit von der Spitze des Calamus scriptorius immer entfernter, bis wir beiläufig zur breitesten Stelle des Ventrikels gelangten, ohne durch die einzelnen Eingriffe etwas Anderes zu erzielen, als sofortige Sistirung aller Athembewegungen und rasches Absterben des Versuchsthieres.

II. Versuchsreihe. Der Querschnitt wurde jetzt um weitere 1—2 Millimeter höher, also um diese Distanz dem hinteren Rand des Vierhügels näher gerückt, woranf sich das Versuchsresultat in wesentlicher Weise ändert.

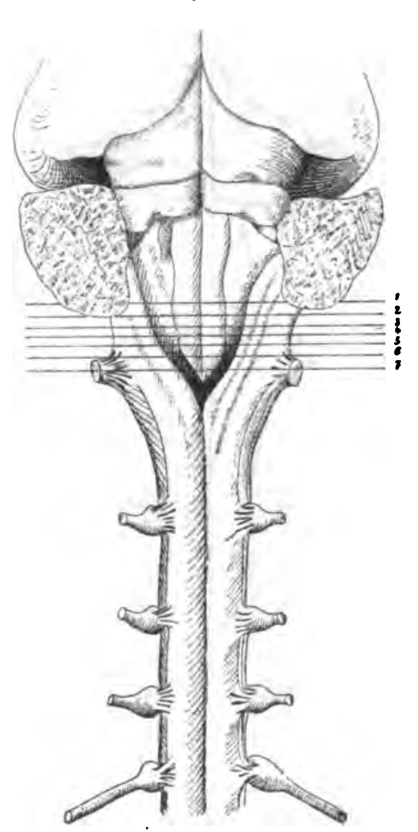
Das Thier setzt seine rhythmische Thoraxathmung fort, die Stimmbänder gehen bei der spontanen Inspiration weit auseinander, nähern sich bei der Exspiration und führen diese Bewegungen bei der künstlichen Athmung in der bereits geschilderten perversen Art prompt aus. Alle Respirationsbewegungen bleiben intact, nur die Nasenathmung ist vollständig ausgeblieben.

Es geht hieraus hervor, dass Schnitte, welche die Medulla oblongata quer durchtrennen und oben den vierten Ventrikel in der Mitte seiner Länge, unten beiläufig den hinteren Rand des Pons treffen, die Nasenathmung sistiren, die Kehlkopf- und

Thoraxathmung intact lassen. Schon vor mehreren Jahren hat Fredericq [1] hervorgehoben, dass bei Schnitten, die ähnlich gelegen waren, wie die unseren, die Nasenathmung sistirt, während die Thoraxathmung fortbesteht. Den Kehlkopf scheint er nicht beobachtet zu haben.



Fig. 1.



III. Versuchsreihe. Wird jedoch der Schnitt noch um weitere 1—2 Millimeter höher verlegt, so bleibt nicht allein die Thorax- und Kehlkopf-, sondern auch die Nasenathmung vollständig erhalten.

In den Figuren 1 bis 4 haben wir die bisher geschilderten Eingriffe übersichtlich verzeichnet.

---

[1] Arch. f. Anat. u. Phys. 1883. Supplem. S. 51.

Jeder einzelne, hier durch eine Linie angedeutete Querschnitt, entspricht je einem Versuche.

Wir haben jeden Schnitt in derselben Höhe an mehreren Thieren wiederholt, um uns von der Constanz der Folgezustände zu überzeugen.

Fig. 2.

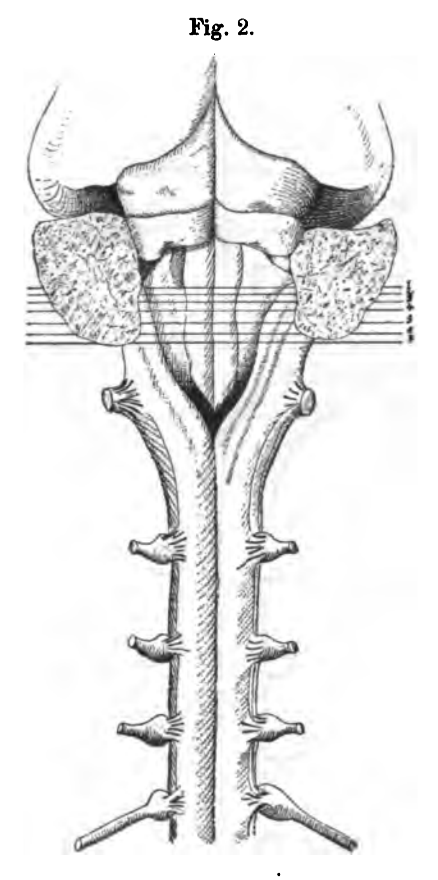


Fig. 1 zeigt die bisher besprochenen Querschnitte, nach deren Anlegung wir totale Sistirung aller Athembewegungen bekommen haben.[1]

---

[1] Diese, sowie alle folgenden Figuren sind nach der Natur gezeichnet und zweifach vergrössert. Jeder der eingezeichneten Querschnitte bezieht sich auf je einen Versuch. Bei einer jeden Versuchsreihe wurden ausser den in den einzelnen Figuren notirten Experimenten noch eine Anzahl gleichartiger Versuche theils aus Zufall, theils zum Zwecke der Controle wieder-

In Fig. 2 sind die Schnitte verzeichnet, nach welchen Thorax- und Kehlkopfathmung fortbesteht, die Nasenathmung jedoch sistirte. [1]

Aus Fig. 3 sind die Stellen ersichtlich, wo die in Fig. 2 verzeichneten Schnitte die vordere Fläche der Medulla oblongata trafen.

Fig. 3.

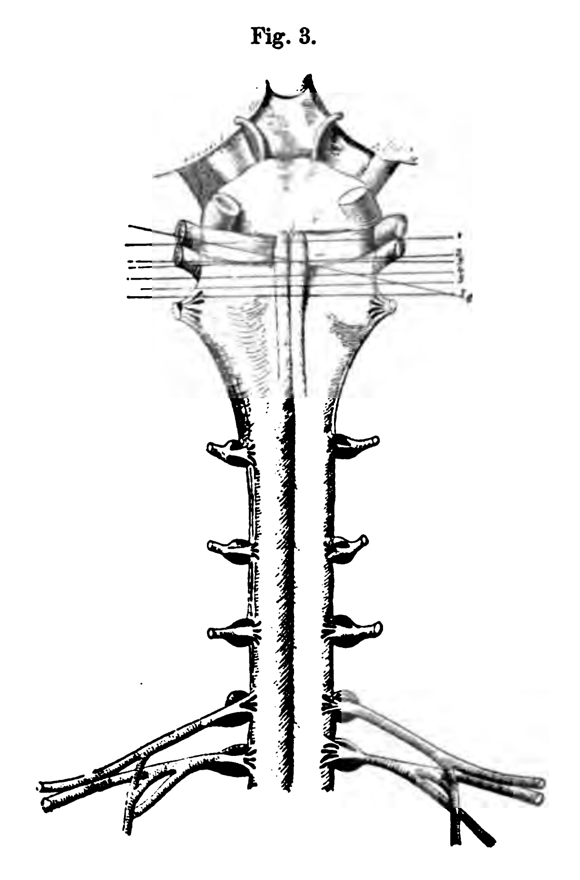


Fig. 4 zeigt jene Querschnitte, nach denen Thorax-, Kehlkopf- und Nasenathmung intact blieb.

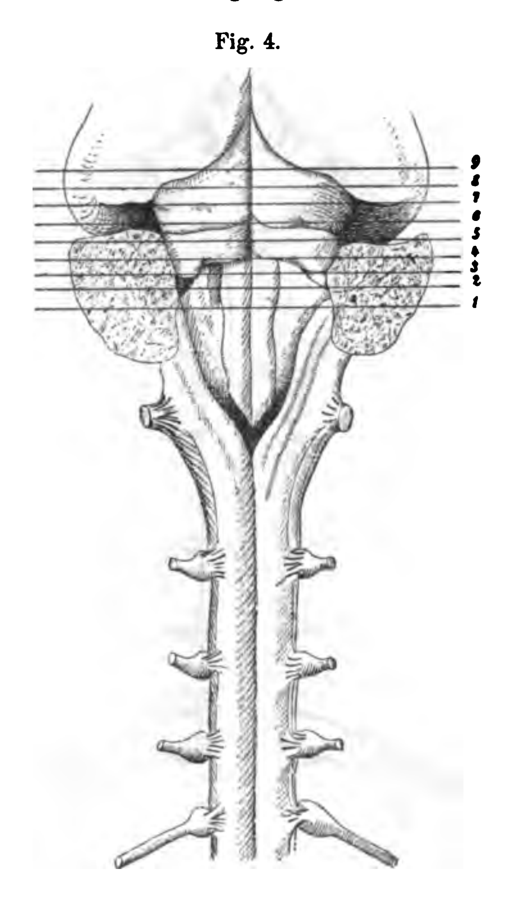
---

holt. — Wir begnügen uns, auf diese hier kurz hinzuweisen, da wir durch eine ausführliche Wiedergabe derselben im Texte oder in der Abbildung den Leser nicht zwecklos ermüden wollen.

[1] Wir müssen bei dieser Figur hervorheben, dass die richtige Lage dieser Schnittführung bei verschiedenen Thieren grossen Variationen

IV. Versuchsreihe. Wir wollten nun prüfen, wie sich denn, bei gleicher Versuchsanordnung, jener Abschnitt der Medulla oblongata, der unterhalb der in der ersten Versuchsreihe getroffenen Antheile des verlängerten Markes gelegen ist, eventuell der unmittelbar darauf folgende Antheil des Rückenmarkes mit Bezug auf die Athembewegungen der Stimmbänder verhält.

Fig. 4.



Die Schnittreihe, die wir nun durch das verlängerte Mark zu führen hatten, bewegte sich ebenfalls in Abständen von circa

unterworfen ist. Ein Schnitt, der in dem einen Falle die Nasenathmung zum Stillstande bringt und demnach den Facialiskern zweifellos präcise abtrennt, hebt bei einem anderen Thiere entweder jedwede Athembewegung auf, indem er schon in das Gebiet des Vaguskernes fällt, oder belässt die Re-

1 bis 2 Millimeter gegen die Spitze des Calamus scriptorius, resp. gegen die Medulla spinalis nach abwärts.

Hiebei ergab sich, dass die einzelnen Querschnitte, die bis zur Gegend der Spitze des Calamus scriptorius, ja noch einige Millimeter unterhalb dieser Stelle ausgeführt wurden in gleicher Weise, wie die früher geschilderten, im verlängerten Marke nach oben sich bewegende Schnittreihe, jedwede Athembewegung zum sofortigen Stillstand brachten.

V. Versuchsreihe. Erst wenn der Querschnitt zwischen den zweiten und dritten Halswirbel zu liegen kam, änderte sich auch hier das Ergebniss.

Die Durchtrennung der Medulla spinalis in dieser Höhe hebt die Athmung nicht mehr in ihrer Gesammtheit auf.

Die Respirationsbewegungen in der Nase und im Kehlkopfe bestehen, wenn auch in einem etwas modificirten, erst weiter unten näher zu beschreibenden Rhythmus fort und bloss die Athembewegungen des Brustkorbes und des Zwerchfelles — wir wollen diese von nun ab kurzweg „Lungenathmung“ nennen — sind eingestellt.

Zu ganz gleichem Ergebnisse führten auch die Versuche, bei denen wir den Querschnitt etwas tiefer am Rückenmarke — erst am oberen Rand des dritten Wirbels, dann zwischen dem dritten und vierten Wirbel, ferner am oberen Rand des vierten und endlich zwischen dem vierten und fünften Halswirbel geführt haben.

In allen diesen Versuchen bleiben Nasen- und Kehlkopfathmung mit der oben angedeuteten Einschränkung intact und nur die Lungenathmung wurde aufgehoben.

VI. Versuchsreihe. Erst als der Schnitt die *Medulla spinalis* am oberen Rande des fünften oder gar zwischen fünften und sechsten Halswirbel quer durchtrennte, blieben — wie zu er-

---

spirationsbewegungen nicht allein im Thorax und Kehlkopf, sondern auch in der Nase.

Wir sehen demnach Schnitte verzeichnet, die entweder beträchtlich oberhalb der Mitte der Rautengrube oder noch unterhalb derselben gelegt sind.

Es mag allerdings sein, dass dieser verschiedenartige Effect, zum Theil wenigstens, auf die Neigung der Schnittebene zu beziehen ist, doch sind individuelle Schwankungen hier nicht auszuschliessen.

warten war — sämmtliche Athembewegungen, also nicht bloss in der Nase und Kehlkopf, sondern auch im Thorax erhalten.

Ganz dasselbe war auch der Fall, wenn der Schnitt noch um einen Zwischenwirbelraum tiefer angelegt wurde.

Fig. 5 verzeichnet jene Querschnitte durch das verlängerte Mark, nach welchem sämmtliche Athembewegungen ausblieben

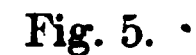
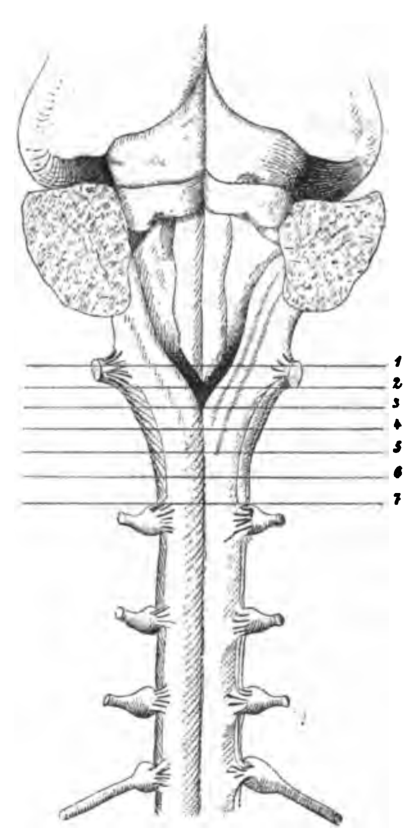


Fig. 5.



und bildet somit gewissermassen eine Fortsetzung, respective die untere Hälfte zu der Fig. 1.

Fig. 6 zeigt jene Schnitte, bei denen Nasen- und Kehlkopfathmung, wenn auch mit verändertem, erst später zu erklärendem Rhythmus erhalten bleibt, die Thoraxathmung jedoch stille steht.

Wenn wir nun unsere bisherigen Versuche mit Rücksicht auf das Verhalten der Stimmbänder überblicken, so müssen wir

vor Allem das negative Ergebniss constatiren, dass wir durch die lange Serie von Querschnitten, die wir von der Gegend der Vierhügel nach abwärts bis zum sechsten Halswirbel in kleinen Abständen an einer grossen Anzahl von Versuchsthieren durchgeführt hatten, nicht in der Lage waren, für die verschiedenen Functionen der Stimmbänder die centrale Innervation zu diffe-

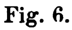
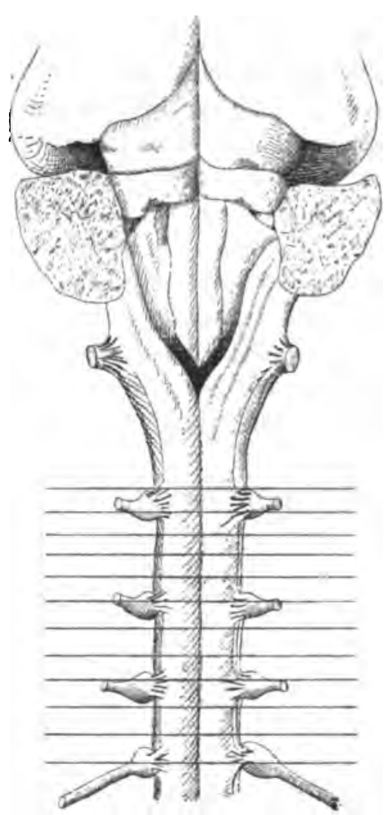


Fig. 6.



renziren und die geplante Localisation durchzuführen. Die geschilderten Eingriffe hatten die Stimmbandbewegungen entweder vollständig lahmgelegt oder aber anscheinend sämmtlichen Kehlkopfmuskeln ihre Leistungsfähigkeit belassen.

So wenig aber auch unsere bisherigen Experimente zur Klärung jenes Problems beigetragen haben, welches den eigentlichen Ausgangs- und Zielpunkt unserer experimentellen Studie

bildete, so lehrten sie uns doch anderseits eine Reihe bemerkenswerther Erscheinungen kennen, die nach unserem Dafürhalten der Beachtung wohl werth und für die Kenntniss des Athmungscentrums nicht belanglos sind.

Wir sind von der Voraussetzung ausgegangen, dass im anatomischen Vaguskern möglicherweise einzelne Stellen vorhanden sind, durch deren Verletzung es gelingen könnte, stets gewisse functionell zusammengehörige Muskelgruppen des Kehlkopfes lahmzulegen.

Indem wir nun nach solchen Abschnitten in der Medulla oblongata in der geschilderten und, wie die Erfahrung lehrte, für das Erforschen gewisser Innervationsverhältnisse des Larynx ungeeigneten Weise fahndeten, gestalteten sich unsere Versuchsergebnissse zu Beiträgen für die Kenntniss des Athmungscentrums.

Bevor wir zur Schilderung jener Versuche übergehen, die wir nun zur Lösung unserer ursprünglichen Aufgabe anderweitig unternommen haben und welche den zweiten Theil dieser Mittheilungen bilden soll, wollen wir uns vorerst mit jenen Erscheinungen beschäftigen, die uns bei unseren bisherigen Versuchen aufgefallen sind, und die auf das Athmungscentrum Bezug haben.

II. Athmungscentren für Nase, Kehlkopf und Thorax.

a) Historische Vorbemerkungen. Schon Galen [1] hat es unternommen, die physiologische Bedeutung des Markes experimentell zu prüfen und es müssen einzelne seiner Versuchsergebnisse, die er bei Querschnitten in verschiedener Höhe des Markes erzielt hatte, namentlich jene, welche die Beziehung zwischen diesen Eingriffen und den Athembewegungen feststellen, noch heute als richtig anerkannt werden.

Die hohe, vitale Bedeutung der Medulla oblongata jedoch wurde erst zu Anfang unseres Jahrhundertes durch die epochemachenden Versuche von Le Gallois [2] klargestellt.

Er war es, der zuerst den Nachweis geliefert hat, dass die Durchschneidung einer bestimmten, von ihm anatomisch genau

---

[1] Galen vid. Le Gallois, Expériences sur le principe de la vie, p. 166 ff.

[2] Experiences relatives au principe des mouvements inspiratoires, 1811 und Oeuvres de Le Gallois, Paris 1824.

bezeichneten Stelle in der Medulla oblongata sofortigen Athmungsstillstand und den Tod zur Folge hat.

Flourens,[1] der diese Versuche mit grosser Sorgfalt und Präcision wiederholte, hatte dem Ergebnisse, wie er selbst zugesteht, nichts Wesentliches hinzuzufügen. Er legte der von Le Gallois im verlängerten Marke gefundenen Stelle, deren Verletzung das Leben sofort vernichtet, den Namen *„Noeud vital“* bei.

In dem Flourens'schen „Lebensknoten“, wie die fragliche Stelle in der Medulla oblongata nun allgemein genannt wurde, erblickte man von da ab, im Sinne dieser beiden Forscher, den Sitz des Athmungscentrums.

Während nun einerseits bei voller Anerkennung des „Noeud vitale“ als eigentliches Athmungscentrum, bloss dessen anatomische Grenze im Verlaufe der Jahre von verschiedener Seite, wie von Volkmann, Longet, Schiff und selbst schon von Flourens, manche Correctur erlitten hat, wurden anderseits eine Reihe von Versuchsergebnissen bekannt, die die Annahme, dass das Athmungscentrum seinen ausschliesslichen Sitz im „Lebensknoten“ der Medulla oblongata habe, in bedenklicher Weise erschütterten.

Brown-Séquard[2] hat schon im Jahre 1855 die Behauptung aufgestellt, dass ein Thier noch nach Entfernung der ganzen Medulla oblongata athmen könne. Einige Jahre später wiederholte er diese Angabe, indem er berichtet,[3] dass Bennet-Dowler dieses Fortbestehen der Athmung nach Abtragung des verlängerten Markes bei Krokodilen gesehen hat, während er selbst dasselbe bei Vögeln und in Gemeinschaft mit Dr. B. W. Richardson auch bei neugeborenen Säugethieren constatiren konnte.

Im Jahre 1874 ist von Prokop Rokitansky[4] eine Publication erschienen, in welcher, auf Grund von Experimenten, die unter Stricker's Leitung durchgeführt wurden, die Behauptung aufgestellt wird, dass man bei jungen Kaninchen, wenn sie früher

---

[1] Flourens, Recherches experimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertebrès. Paris 1842.

[2] Brown-Séquard, Experimental Researches on the princ. Cord. 1855.

[3] Journal de physiologie, 1869, p. 153.

[4] Rokitansky, Untersuchungen über die Athemnervencentra. Österreichische Medicinische Jahrbücher 1874.

durch kleine Strychnindosen in erhöhte Reflexerregbarkeit versetzt worden waren, nach Durchschneidung des verlängerten Markes, während der Convulsionen, noch einige Athembewegungen beobachten kann.

Eine solche Persistenz der Athmung nach Abtragung der Medulla oblongata sah Schroff[1] auch bei Thieren, die während des Versuches warm gehalten wurden.

Langendorff und Nitschmann[2] konnten bei ganz jungen, insbesondere bei neugeborenen Thieren nach Durchschneidung des Rückenmarkes und Einleitung der künstlichen Athmung, ganz bestimmt beobachten, dass man nach Unterbrechung der Einblasungen durch leichtes Streichen der Analgegend, Anblasen der Haut, Kneifen der Haut an Pfoten oder Schwanz, Reizung des N. ischiadicus mit Inductionsströmen u. s. w. reflectorisch ganz normale Athembewegungen auslösen kann.

Sie beobachteten aber auch, besonders an jungen Kätzchen, ganz selbstständige Athmungen, ohne äusseren Reflexreiz, wenn ganz geringe Strychningaben — 0·0005—0·001 Gramm — in die Bauchhöhle injicirt wurden.

Diese Publicationen hatten zunächst die Folge, dass die Frage vom Athmungscentrum von Neuem aufgerollt wurde.

Die seither erschienenen zahlreichen und sorgfältigen Arbeiten, die sich mit der Aufgabe beschäftigten, die eigentliche physiologische Bedeutung der Medulla oblongata für die Athmung richtigzustellen, sind jedoch bis zur Stunde noch immer nicht zu einem endgiltigen Abschlusse gelangt.

Es besteht nach wie vor die Controverse, ob wir für den Athmungsprocess ein einheitliches Innervationscentrum im verlängerten Marke, im Sinne der alten Lehre von Le Gallois und Flourens anzunehmen haben oder nicht.

Bei der Beantwortung dieser Frage finden wir die Forscher noch immer in zwei Parteien getheilt, und es wäre schwer zu bestimmen, welche von beiden derzeit die Majorität hat. Während auf der einen Seite für die alten Rechte des „Lebensknotens", als

---

[1] Schroff, Österr. Medic. Jahrbücher 1875. S. 319.

[2] Langendorff und Nitschmann. Archiv f. Physiologie, 1880. S. 518.

einheitliches Centralorgan für die Athmungsinnervation, energisch das Wort gesprochen wird, sehen wir auf der anderen Seite wie mit ebensoviel Geschick als Consequenz, dieses ausschliessliche Recht der Medulla oblongata streitig gemacht wird.

Wenn wir die lehrreichen Experimente, die zur Klärung dieser Streitfrage von beiden Parteien mit grosser Sorgfalt durchgeführt wurden, aufmerksam studiren, so können wir uns, nach unserem Dafürhalten, des Eindruckes kaum erwehren, dass die unmittelbaren Ergebnisse all dieser Versuche eigentlich und zum Mindesten in der Hauptsache übereinstimmen.

Zwei Fragen sind es, die hier zunächst in Betracht kommen und deren Entscheidung eine principielle Bedeutung hat.

1. Ist es richtig, dass nach Querschnitten durch die Medulla oblongata, insbesondere an der Stelle des Vaguskernes die Athmung sofort stille steht, wie dies Le Gallois und Flourens schon angegeben haben? und

2. Bestätigt es sich, dass auch oblongatalose Thiere noch spontan athmen können?

Beide Fragen werden allerseits bejaht und wir kennen keine Stimme, die auch nur eine dieser Fragen absolut verneinend beantworten würde.

Die Divergenz der Anschauungen beginnt erst bei dem Ausmasse dieser Zugeständnisse, namentlich aber bei der Art und Weise, wie diese beiden Erscheinungen gedeutet werden.

Es ist zweifellos richtig, meint die eine Partei, als deren Repräsentanten ich blos Kronecker[1] und seinen Schüler Marckwald[2] anführe, dass auch noch nach Entfernung der Medulla oblongata eine Art spontaner Athmung auftreten kann; allein dies ist nur bei Neugeborenen oder durch Strychnin in erhöhte Reflexerregbarkeit versetzten Thieren zu beobachten. Diese Erscheinung ist aber gewissen, seit uralten Zeiten bekannten Bewegungen geköpfter Thiere gleichzustellen.

[1] H. Kronecker, Altes und Neues über das Athmungscentrum. Deutsche Medic. Wochenschrift 1887. Nr. 36 u. 37.

[2] Marckwald, Die Athembewegungen und deren Innervation beim Kaninchen. Zeitschrift für Biologie 1886. B. XXIII. N. F. B. V und

Marckwald und Kronecker, Über die Auslösung der Athembewegungen. Archiv für Anatomie und Physiologie, 1880.

Es wird daran erinnert, dass auch die Strausse, die Kaiser Commodus in seinem Circus mit besonderem Geschicke köpfte, ihren Lauf bis ans Ziel fortsetzten; dass Le Gallois decapitirte neugeborene Kaninchen sich 15 Minuten derart bewegen sah, dass er annahm, der Rumpf habe noch Willen und Empfindung; dass nach den Angaben von Steiner [1] decapitirte Haifische ganz normal schwimmen.

Brown-Séquard [2] hat jedoch schon im Jahre 1853 hervorgehoben, dass „die krankhaften Bewegungen, die nach Entfernung der Medulla oblongata auftreten, blosse Reflexbewegungen sind".

Kronecker [3] weist auf analoge Erscheinungen auch auf dem Gebiete der Pathologie hin, wo man zuweilen, wie dies schon Romberg, Chauveau, Leyden, Carville, Paul Bert, Goltz und Freusberg hervorgehoben haben, nach Unterbrechung der cerebralen oder bulbären Innervation durch Krankheit oder Trauma in den gelähmten Theilen noch Bewegung und klonische Krämpfe, hervorgerufen durch verschiedene Reflexe, beobachten kann.

Kronecker führt ferner noch die schon Haller [4] bekannte Thatsache an, „dass Muskeln völlig todter Thiere sich oft noch spontan rhythmisch contrahiren;" dass Valentin solche „paralytische Oscillationen" am Zwerchfell eben getödteter Thiere, selbst dann noch beobachten konnte, als beide Nn. phrenici durchschnitten wurden; dass Remak, [5] als er den hinteren durchsichtigen Theil des Zwerchfelles eines 48 Stunden zuvor getödteten Kaninchens mikroskopisch untersuchte, noch bemerken konnte, dass die Muskelprimitivbündel langsam und mit einer gewissen Regelmässigkeit (etwa 6 pro 1 Minute) wiederkehrende Zusammenziehungen machten; dass Schiff [6] solche pralytisch flimmernde

---

[1] Steiner, Sitzungsbericht der Berliner Akademie der Wissenschaften. Juni 1886.

[2] Brown-Séquard, Experimental researches applied to physiology and pathology. New-York 1853.

[3] Kronecker l. c.

[4] Haller, Element. Physiol. B. IV.

[5] J. Müller's Archiv 1843 S. 182.

[6] Schiff: Muskel- und Nervenphysiologie, Lahr, 1859.

Oscillationen an der Zungenmusculatur drei Tage nach der Durchschneidung des Hypoglossus und Ähnliches an paralysirten Gliedmassen, an den quergestreiften Muskeln der Iris der Vögel u. s. w. gesehen hat.

Weiters erinnert Kronecker an die durch Anämie hervorgerufenen Muskelkrämpfe, indem er auf die berühmten Versuche von Kussmaul und Tenner[1] hinweist; an jene von S. Mayer[2] beschriebenen „postanämischen Oscillationen und Zuckungen gelähmter Muskeln, welche auch curarisirt nicht zur Ruhe kommen".

Zum Schlusse wird noch auf die Arbeit von Kühne und C. Jani[3] hingewiesen, die den Froschsartorius in einer verdünnten Lösung von Kochsalz und Natriumphosphat oder unter dem Einflusse von Aldehyd bis 45 Minuten lang, wie ein Froschherz zucken gesehen haben; und endlich an die hieher gehörige interessante Beobachtung von Biedermann[4] erinnert, „dass in einer grossen Zahl von Fällen die rhythmischen Bewegungen des in alkalische Salzlösung getauchten Sartoriuspräparates gerade dann am schönsten hervortreten, wenn der Muskel schon längere Zeit in der Flüssigkeit sich befand".

Kronecker und Marckwald vertheidigen also mit aller Entschiedenheit die alte Lehre vom einheitlichen Athmungscentrum.

Die Respiration decapitirter Thiere, also die spinale Athmung, die nach der Meinung dieser beiden Forscher überhaupt keine normale Athmung ist, sondern nur in Athemmuskelkrämpfen besteht, ist nach ihrer Auffassung jenen Reflexbewegungen gleichzustellen, welche bei oblongatalosen Thieren an den verschiedenartigsten Muskelgruppen beobachtet werden können.

Weit entfernt also der spinalen Athmung eine unabhängige, selbstständig functionirende Innervation anzuerkennen, erklärt

---

[1] Kussmaul und Tenner, Moleschott's Untersuchungen, B. II, Heft 3.

[2] S. Mayer, Prager Vierteljahrsschrift, 1881. Nr. 1.

[3] Kühne, Untersuchungen aus dem physiologischen Institute zu Heidelberg, B. III, S. 16 und B. IV, S. 268.

[4] Biedermann, Berichte der Wiener Akademie 1880, Abth. III, S. 262.

nun Kronecker: „Ich sehe keinen einzigen Grund, den Kerncomplex von Theilen des 5., 9. und 10. Paares seiner Souveränität als Athmungscentrum zu entkleiden". Alle respiratorischen Muskeln, welche mit diesem Centrum in Verbindung bleiben, functioniren. Diejenigen, welche von diesem Centrum abgetrennt werden, stellen ihre normale Function ein. Sie können durch abnorme Erregung wieder in Thätigkeit treten, sei es, dass in Rückenmarkstheilen, wo die motorischen Athemnerven wurzeln, sich Reize anhäufen, sei es, dass in den Leitungsbahnen oder endlich in der Muskelsubstanz selbst klonisch erregende Stoffe sich bilden."

Zu einer gleichlautenden Auffassung, dass das einheitliche Athmungscentrum in der Medulla oblongata gelegen sei und dass selbstständige spinale Respirationscentren nicht existiren, führten auch die Versuche von Frédericq,[1] Mislawsky[2] und Knoll.[3] Schrader,[4] der seine Experimente unter Leitung von Goltz ausgeführt hat, kommt zu ganz gleichem Resultate, welches er in folgenden Satz zusammenfasst: „Die für die automatische Athembewegung in Anspruch zu nehmende Hirnpartie wäre sonach gelegen zwischen dem Querschnitt parallel dem hinteren Rand der Kleinhirnseite und — wahrscheinlich — dem Niveau der Spitze des Calamus scriptorius"

Stricker und Rokitansky haben aus ihren oben erwähnten Versuchen die in der Lehre von der centralen Athmungsinnervation einen Wendepunkt bezeichnen, die Schlussfolgerung gezogen, dass das Athmungscentrum bis ins Rückenmark hineinreiche.

---

[1] Frédericq, Expérience sur l'innervation respiratoire. Du Bois-Reymond's Archiv 1883. Festschrift, dem Herausgeber gewidmeter Supplem. Band.

[2] Mislawsky, Zur Lehre vom Athmungscentrum. Centralblatt für die medic. Wissenschaften, 1885. Nr. 27.

[3] Knoll, Beiträge zur Lehre von der Athmungsinnervation. Sechste Mittheilung: Zur Lehre vom Einfluss des centralen Nervensystems auf die Athmung. Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. III. Abth., B. XCII, Juli-Heft 1885.

[4] Max E. G. Schrader, Zur Physiologie des Froschhirns, Pflüger's Archiv B. 41, p. 75 — 91.

Schliesslich wollen wir noch erwähnen, dass Rosenthal[1] und Krukenberg[2] höchstens soviel zugeben zu können glauben, dass im Rückenmark „versprengte Theile“ des Athmungscentrums vorkommen.

An der Spitze jener Opposition gegen die alte Flourens-Le Gallois'schen Lehre vom einheitlichen Athmungscentrum in der Medulla oblongata steht O. Langendorff. Dieser Forscher hat eine ganze Reihe[3] hieher gehöriger, lehrreicher Versuche mit einer Sorgfalt durchgeführt, die selbst seine Gegner rückhaltlos anerkannt haben.

Langendorff stellt nicht in Abrede, „dass die Abtrennung des Kopfmarkes vom Halsmarke in der Regel die Athmung zum sofortigen und dauernden Stillstand bringt;“ er bestreitet aber, dass dies immer der Fall ist. Auch glaubt er, dass dieser Athmungsstillstand nicht als Ausfallserscheinung, sondern als eine durch den Schnitt bedingte Erregung der athmungshemmenden Fasern, als Shock, aufzufassen sei.

Durch seine Versuche will er hingegen den experimentellen Nachweis geliefert haben, dass im Gegensatze zur Negation früherer Forscher „spinale Athmungscentren existiren, d. h. dass den Rückenmarksursprüngen der Athemnerven die Eigenschaft von Centralorganen für die von jenen Nerven beherrschten Bewegungen zukommt;“ dass den spinalen Athemcentren, als niederen und untergebenen Centralorganen, „Centren erster Ordnung“ selbst dann noch ein gewisser Grad von Selbstständigkeit zukommt, „wenn neben ihnen und ihnen übergeordnet ein monarchisches Centrum in der Oblongata bestehen sollte.“

Langendorff gelangt zu dem Satze: „dass das Athmungscentrum des verlängerten Markes, dass überhaupt ein einheitliches Athmungscentrum im Sinne von Flourens gar nicht existire“.

---

1 und 2 citirt nach O. Langendorff, Studien über die Innervation der Athembewegungen. Siebente Mittheilung. Archiv für Anatomie und Physiologie. 1887.

3 O. Langendorff, Studien über die Innervation der Athembewegungen. 1. bis 9. Mittheilung. Archiv für Anatomie und Physiologie. 1880—1887.

Trotz dieses Satzes, will er aber die wichtige Rolle nicht verkennen, die diesem Hirntheile für das Zustandekommen einer normalen und leistungsfähigen Athmung zukommt. Vielmehr verlegte er in ihn „einen regulatorischen Apparat, der die von den Spinalmarkcentren ausgesendeten Impulse in zweckmässiger Weise zeitlich vertheilt, der Tiefe und Frequenz der Athembewegungen modificirt."

Es wird Langendorff insbesondere von Kronecker vorgehalten, dass seine Annahme, der zufolge „der Athmungsstillstand nach Durchschneidungen der Medulla oblongata keine Ausfallserscheinung, sondern Shockwirkung sei", um so weniger Berechtigung habe, als diese erfahrungsgemäss schon nach wenigen Minuten zu schwinden pflegt, und da es ganz unverständlich bliebe, warum denn diese durch den angeblichen Shock bedingte Hemmungswirkung ganz ausbleibt, wenn der Schnitt bloss einige Linien oberhalb des Vaguskernes geführt ist.

Langendorff sucht die Einwürfe zu entkräften, die gegen seine Auffassung von der spinalen Athmung erhoben wurden.

Die einzelnen Athemzüge, die er nach Durchschneidung des Kopfmarkes beobachtet hatte, sind nach seinem Dafürhalten „den normalen durchaus ähnlich". Bei strychninisirten Thieren hat er oft „ausgesprochene und secundenlang andauernde Zwerchfellkrämpfe gesehen". „Aus ihnen, die in Begleitung von anderweitigen, oft allgemeinen Muskelkrämpfen auftreten, hätte er jedoch „niemals auf die Existenz automatischer spinaler Athmungscentren geschlossen." Seine Behauptung stützt sich auf Operationsfälle, in denen man, „nur die Athmungsmusculatur, keine anderen Muskelgruppen in Thätigkeit sieht".

Den Einwand, dass die spinale Athmung nur bei neugeborenen oder durch Strychnin in erhöhte Reflexerregbarkeit versetzten Thieren aufzutreten pflegt, sieht Langendorff durch die neueren Versuche von Wertheimer [1] in Lille vollständig widerlegt.

Von nahezu 200 erwachsenen Hunden, denen Wertheimer die Medulla oblongata vom Rückenmarke getrennt hatte,

[1] Wertheimer, Recherches experimentales sur les centres respiratoires de la moelle épinière. Journal de l'anatomie et de la physiologie. XXII. année 1886, Nr. 5 p. 458.

konnte er in 56 Fällen, ohne Zuhilfenahme der Strychninvergiftung, spontane, rhythmische, das Leben des Thieres fristende, oft stundenlang andauernde Athembewegungen sehen, die eine auffallend hohe Frequenz hatten (90—120 per Minute).

Aber auch in diesen Fällen folgte unmittelbar dem experimentellen Eingriffe ein sofortiger Athmungsstillstand, der zuweilen 3 — 4 Stunden anhielt. Diese Unterbrechung der Respiration betrachtet aber Wertheimer in voller Übereinstimmung mit Langendorff, und im Widerspruche mit Kronecker und Marckwald, nicht als eine Ausfallserscheinung, sondern als einen Hemmungsreiz, den die Durchschneidung des Halsmarkes auf die Rückenmarkcentren ausübt.

Eine weitere Stütze für die Decentralisationsbestrebungen findet Langendorff in der Arbeit von A. Mosso:[1] „Über periodische Athmung und Luxusathmung."

Die Athembewegungen des Gesichtes, des Zwerchfelles, des Thorax, des Abdomens repräsentiren nach Mosso verschiedene musculäre Mechanismen, deren jeder sein eigenes Centrum besitzt. „Das verlängerte Mark dient zu ihrer Coordinirung."

So prononcirt auch die Stellungnahme dieses Forschers gegen die alte Lehre von einem einzigen Respirationscentrum erscheint, so sind es gerade seine Versuchsergebnisse, aus denen beide Parteien Argumente für ihre principielle Auffassung schöpfen zu können glauben.

Mosso betont zwar klar und scharf, dass er auf Grund seiner Experimente für die einzelnen Athemmuskeln gesonderte, von einander unabhängige Innervationscentren anzunehmen sich bemüssigt fühlt; allein er nimmt ebenso bestimmt an, dass es die Medulla oblongata ist, der die wichtige physiologische Rolle zukömmt, die coordinirte Function dieser einzelnen Centren zu veranlassen.

Die merkwürdige, bei der Discussion über das Athmungscentrum durchaus nicht vereinzelt dastehende Aufnahme, die die Versuchsergebnisse von Mosso gefunden haben, dass sie, wie

---

[1] Angelo Mosso, La respirazione periodica et la respirazione superflua o di lusso. Reale Academia dei lincei, Anno CCLXXXII 1885. Periodische Athmung und Luxusathmung. Archiv für Anatomie und Physiologie. 1886. Suppl. Bd. S. 37.

schon erwähnt, von beiden Parteien als Beweismaterial für sich reclamirt werden, lässt unseren oben ausgesprochenen Satz, dass das unmittelbare Resultat fast aller Forscher, die sich mit der Athmungsfrage beschäftigten, in der Hauptsache nahezu übereinstimmt und dass die Differenz der Anschauungen sich erst bei der Taxirung der allseits beobachteten Erscheinungen, und beim Schöpfen der Conclusionen ergibt, durchaus nicht so paradox erscheinen, als dies vielleicht im ersten Augenblicke der Fall sein konnte.

Nach dieser flüchtigen Rundschau über den derzeitigen Stand der Lehre vom Athmungscentrum, wollen wir nun zur Schilderung unserer eigenen Versuche zurückkehren.

b) Eigene Versuche. Wir haben oben den Effect geschildert, den Querschnitte durch das Kopf- oder Halsmark je nach der Höhe, wo dieselben geführt werden, auf die Athembewegungen ausüben. Wir haben unter Anderem constatirt, dass wenn der Schnitt in einer gewissen in der Regel der breitesten Stelle des vierten Ventrikels entsprechenden Höhe, die Medulla oblongata quer durchtrennt, wie dies in Figur 2 angedeutet wird, die spontanen rhythmischen Athembewegungen im Kehlkopf und Thorax bestehen bleiben und nur die Nasenathmung ganz eingestellt wird.

Es muss nochmals hervorgehoben werden, dass die Durchführung dieses Experimentes mit einigen Schwierigkeiten verbunden ist. Fällt der Schnitt, wenn auch nur um 1 *mm* höher, als er sollte, so bleibt nicht allein Kehlkopf- und Thorax-, sondern auch die Nasenathmung erhalten, wird er aber um dieselbe Distanz zu tief geführt, bleiben in der Regel nicht allein die Nasen-, sondern auch alle anderen Athembewegungen aus.

Hieraus folgt, dass es eine eng begrenzte Stelle ist, wo der Schnitt geführt werden muss und dass es zumeist Zufallssache ist, wenn er gleich an der beabsichtigten Stelle sitzt. Das Resultat der Schnittführung wird noch durch individuelle Verschiedenheiten gefährdet, die allem Anscheine nach in den Grössenverhältnissen der betreffenden Antheile des Centralnervensystemes obwalten.

Es interessirte uns nun diese Stelle mikroskopisch genauer zu studiren und wir zerlegten zu diesem Zwecke die Medulla

oblongata des Kaninchens in eine streng geordnete Schnittreihe, die wir dann nach der Methode von Pál gefärbt haben. Es zeigte sich nun, dass jene Stelle, bei deren Durchtrennung die Nasenathmung stille steht, die bekanntlich nicht scharfe Grenze des motorischen Glossopharyngeus-Vaguskernes und des Facialkernes ist. Man hat dann den Facialiskern vor, den motorischen Vaguskern hinter der Schnittebene, oder man hat doch beiderseits noch so grosse Antheile von unversehrter Ganglienmasse, dass diese die Function des Kernes fortsetzen können.

Die wichtigste Thatsache, die sich aus diesem Befunde ergab, besteht darin, dass der Facialiskern an und für sich, wenn er vom Vaguskerne losgetrennt ist, nicht im Stande ist, die rhythmischen Athembewegungen der Nase fortzuerhalten.

Man könnte allerdings auch daran denken, dass der Stillstand der Nasenbewegungen auf eine Verletzung des N. facialis in seinem centralen Verlaufe zurückzuführen sei. Das Studium unserer Serienschnitte ergibt auf das deutlichste, dass der N. facialis schon höher, oberhalb des fraglichen Querschnittes austritt, dass somit die erwähnte Annahme ganz unbegründet sei.

Es unterliegt demnach kaum einem Zweifel, dass zwischen dem Kern des N. facialis und des Vagus ganz analoge Verhältnisse und Beziehungen bestehen, wie zwischen dem Vaguskern und dem im Halsmark gelegenen Kern des N. phrenicus und der Thoraxmusculatur. Ganz in derselben Weise, wie die Abtrennung der letzterwähnten Kerne vom Vaguskern die Lungenathmung aufhebt, sistirt die Ablösung des Facialiskernes von seiner Verbindung mit dem Vaguskern die Athembewegungen der Nase.

Diese analogen Verhältnisse legen die Vermuthung nahe, dass ebenso wie die Thoraxathmung unter gewissen günstigen Bedingungen, auch noch n a c h Abtragung des verlängerten Markes, in einem mehr weniger ausgesprochenen Grade fortbestehen können, auch die Nasenathmung unter günstigen, bis nun allerdings noch nicht gekannten Bedingungen auch noch nach Abtrennung des Facialkernes fortgesetzt werden dürfe.

Wir wollen uns nun mit dem Ergebnisse eines anderen, ebenfalls schon früher geschilderten Versuches beschäftigen.

In Figur 6 ist eine Reihe von Querschnitten gezeichnet, welche wir zwischen dem zweiten und fünften Halswirbel durch das Rückenmark geführt haben. Jeder einzelne dieser Schnitte hebt die Thoraxathmung auf, während die Respirationsbewegungen in der Nase und im Kehlkopfe in einem, wie schon oben angedeutet ganz auffallend veränderten Rhythmus fortbestehen.

Diese Veränderung besteht darin, dass die einzelnen Athembewegungen viel seltener werden. Im Beginne 6 — 7, nach kurzer Zeit 2 — 3 in der Minute. Bei jedem Athemzuge gehen die Stimmbänder weit auseinander und die Nasenlöcher werden bis auf das Maximum geöffnet. Es macht den Eindruck als wenn das Thier in höchster Athemnoth nach Luft schnappen würde.

Während der künstlichen Athmung machen die Stimmbänder und die Nase die perversen Bewegungen; es schliessen sich Glottis und Nasenflügel im Momente der Einblasung.

Nach Unterbrechung der künstlichen Respiration, — ab und zu selbst auch während derselben, — tauchen hingegen die oben beschriebenen Athembewegungen, die wir kurzweg „Schnappbewegungen“ nennen wollen, sofort wieder auf.

Diese Erscheinung scheint schon Le Gallois[1] aufgefallen zu sein, denn er hebt ausdrücklich hervor, dass, wenn er das Halsmark in der Höhe des ersten Wirbels durchtrennte, der Kopf des Thieres und die Stimmritze Athembewegungen (Gähnen) machten, aber nicht mehr der Rumpf.

Ähnliches konnte Gad[2] auch am Menschen beobachten. Er sah bei einer Enthauptung, der er in Begleitung des Prof. Rossbach in Würzburg beiwohnte, und „bei welcher die Durchtrennung zwischen dem 4. und 5. Halswirbel stattgefunden hatte, den Rumpf ohne eine andere, als die durch die Schwere bedingte Bewegung schlaff hinfallen, während der Kopf noch 1—5 Minuten lang dyspnoïsche Athembewegungen machte, ganz wie Jemand der in der äussersten Athemnoth nach Luft schnappt“.

In Anbetracht des Umstandes, dass die in unseren Versuchen gesetzten Querschnitte tief im Rückenmarke und somit weit ent-

---

[1] Citirt nach Kronecker l. c.

[2] Gad, Virchow-Hirsch, Jahresbericht 1886, S. 175.

fernt von dem intact erhaltenen Vaguskerne und Athmungscentrum gelegen sind, musste uns die eigenthümliche Veränderung des Athmungsrhythmus in Nase und Kehlkopf, der diesen Eingriffen folgte, auffallend erscheinen.

Wir konnten in dem Umstande, dass durch die erwähnten experimentellen Eingriffe die Lungenathmung vollständig sistirt, jede Blutventilation unterbrochen, und somit zu einer dyspnoischen Athmung aller Anlass geboten wird, keine befriedigende Erklärung für die fragliche Änderung im Athmungsrhythmus der Nase und des Kehlkopfes finden.

Würde es sich nämlich bloss um eine hochgradige Dyspnoe und deren Folgeerscheinungen handeln, dann wären die grossen, oft 15—20 Secunden andauernden Athempausen geradezu unverständlich. Es müsste ja eine Schnappbewegung der anderen folgen.

Abgesehen aber von dieser, wie wir glauben durchaus berechtigten Erwägung, haben wir bei diesen Versuchen die künstliche Athmung lange Zeit hindurch in der ausgiebigsten Weise fortgesetzt, die sonst unter normalen Umständen, gewiss zur hochgradigsten Apnoë führen würde, ohne dadurch den erwähnten Athmungsrhythmus in Kehlkopf und Nase im Geringsten zu beeinflussen. Nicht eine einzige normale Athembewegung konnten wir durch die Apnoë erzielen, denn die Schnappbewegungen tauchten häufig sofort ganz unverändert wieder auf, als wir die künstliche Respiration sistirt haben.

Die Dyspnoe allein kann demnach nicht die Ursache dieser Veränderung des Athmungsrhythmus sein.

Wir glauben vielmehr nach dieser Erfahrung annehmen zu müssen, dass das sogenannte Athmungscentrum nach Abtrennung des Kernes für die Thoraxmuskeln und das Zwerchfell, nicht mehr im Stande ist, seine motorischen Impulse im ursprünglichen normalen Athmungsrhythmus abzugeben.

Erwägen wir nun die Bedeutung unserer Versuche, betreffs der Theorie des Athmungscentrums, so dürfte sich Folgendes ergeben:

Verletzungen des Centralnervensystems, welche sicher den Vaguskern nicht treffen und für deren Effect auch der N. accessorius bedeutungslos ist, bringen unzweifelhafte und sehr bedeu-

tende Änderungen im Typus der Athembewegungen hervor. Wir erinnern an die eben besprochenen Durchschneidungen im Halsmark, durch welche die Centren der Lungenathmung von den übrigen Athmungsentren abgetrennt wurden und an die erwähnten darauffolgenden Schnappbewegungen des Kehlkopfes und der Nase, sowie an deren Unabhängigkeit vom Ventilationszustand des Blutes.

Erwägen wir weiter, dass unter einiger Schematisirung beim normalen Athemzug Innervationen ausgehen: 1. zu den Zwerchfell-, eventuell auch Thoraxmuskeln, 2. zum Kehlkopf, 3. zur Nase, dann können wir die Frage aufwerfen: was bedeutet die Änderung des Athmungstypus nach Abtrennung eines Theiles der nervösen Athemcentren?

Durchtrennt man das aus den genannten drei Abtheilungen — (wenn auch nicht als continuirliche Zellenmasse) — bestehende Gesammtathemcentrum zwischen Facialis- und Vaguskern, so besteht die Athmung weiter mit Ausschluss der Nasenathmung.

Durchtrennt man das Gesammtathmungscentrum zwischen Thorax- und Vaguskern, so besteht die Athmung auch weiter, ist dann aber natürlich nur an Nase und Kehlkopf zu beobachten. Führt man aber die beiden genannten Schnitte an demselben Thiere aus, so steht, wie wir später sehen werden, entweder alle Athmung still, oder es sind nur Reste spontaner Athembewegungen im Kehlkopfe vorhanden.

Wie wir oben sahen, lassen sich auch nach Isolirung des Thoraxphrenicuskernes unter gewissen Bedingungen noch Reste von Athembewegungen des Brustkorbes nachweisen und es schien uns nicht unwahrscheinlich, dass Ähnliches von der Nasenathmung gilt.

Es verhält sich also der isolirte Vaguskern recht ähnlich dem isolirten Thoraxkern und dem isolirten Facialiskern. Die exceptionelle Stellung, deren sich der Vaguskern (ich spreche hier natürlich nur von seiner Function als Begründer der Athmungsrhythmik und sehe ab von den in ihm zu Stande kommenden auf die Athmung bezüglichen Reflexe, wie Selbststeuerung u. s. w.) erfreut, beruht also zum grossen Theil auf seiner anatomischen Lage; denn wenn eben zwei von den genannten drei Partial-Athmungscentren in functioneller Verbindung bleiben müssen,

damit regelmässig typische Athembewegungen überhaupt ausgelöst werden, so ist es gerade der in der Mitte zwischen den anderen gelegene Vaguskern, dessen Zerstörung jedes paarweise Zusammenwirken der drei Kerne unmöglich macht.

Dass die unter den oben erwähnten Umständen häufig beobachtete Thoraxathmung nach Abtrennung der beiden oberen Partialcentren vom unteren, dass ferner die nach derselben Operation zu beobachtende Nasen- und Kehlkopfathmung, dass endlich die Kehlkopfathmung nach Abtrennung des Facialis- und des Thoraxkernes, da wo sie überhaupt bemerklich wird, einen so ganz veränderten Typus trägt, muss wohl darauf bezogen werden, dass eben nur das Zusammenwirken aller drei Kerne die normale Athmung ermöglichen.

Diese Änderung des Athmungstypus im Kehlkopfe ist, wie aus den obigen Schilderungen hervorgeht, viel zu bedeutend, als dass man sie dem Ausfall der centripetalen Impulse zuschreiben könnte, welche dem Vaguskern von Lunge und Thorax zufliessen und für deren Einfluss man ja in der Vagusdurchschneidung einen Massstab gewinnt.

Wir haben eben erwähnt, dass der isolirte Vaguskern so wenig regelmässige, rhythmische Impulse liefert, wie der isolirte Facialis- oder Thoraxkern. Unsere diesbezüglichen Versuche sollen sogleich des Näheren besprochen werden.

Vorerst aber ist es nöthig einen nahe gelegenen Einwand gegen die ebengenannte Deutung unserer Versuche zu beseitigen.

Man könnte nämlich das Bedenken erheben, dass der Vaguskern durch die beiden geschilderten Querschnitte infolge irgendwelcher shockartiger Wirkungen oder in Folge von Circulationsstörung gelitten und aus diesem Grunde seine Function eingestellt habe.

Es sind aber gewichtige Gründe, nicht hierin die Ursache der geschilderten Verhältnisse zu suchen, denn der Vaguskern zeigt sich unter denselben Umständen, unter welchen er die regelrechten, normalen Athemimpulse nicht mehr abgibt, als vollkommen functionstüchtig bezüglich der perversen Athembewegungen des Kehlkopfes, die, wie wir sahen bei der künstlichen Athmung auftreten.

Auch die reflectorisch auszulösenden Schluckbewegungen gehen auf das prompteste von Statten und tritt correcter, totaler Verschluss der Stimmritze ein.

Auch haben wir um jeden derartigen Einwand zu beseitigen in einer Reihe von Versuchen zuerst das Faciali scentrum abgetrennt, uns dann überzeugt, dass die unter diesen Umständen zu erwartenden Athembewegungen im Kehlkopfe vorhanden sind und dann erst haben wir den entfernten Schnitt durch das Halsmark geführt, erst jetzt stellte der Larynx seine Athembewegungen nahezu oder auch ganz ein.

Ferner verfügen wir über Versuche, in welchen nach Durchschneidung des Halsmarkes, ein Querschnitt etwas oberhalb des Facialkernes angelegt wurde, in welchem Falle Kehlkopf- und Nasenathmung vorhanden war. Da der Schnitt bei diesen Versuchen bloss um 1—2*mm* höher zu liegen kam, so wird man kaum dadurch das Ausbleiben einer hypothetischen Shockwirkung oder Circulationsstörung erklären wollen.

Es fungirt also der vom Thorax- und vom Facialkern abgetrennte Vaguskern vollkommen regelrecht als motorisches und reflectorisches Centrum, — er ist aber nicht mehr im Stande, die typischen rhythmischen Athembewegungen auszulösen. Um letzterer Function **eben noch** zu genügen, muss er mit einem der beiden anderen Athmungskerne functionell verknüpft sein um ihr aber vollkommen zu entsprechen, mit beiden.

Dass es aber wirklich die Centren sind, deren Intactheit den Rhythmus der Athembewegung bedingt und dass nicht etwa der Ausfall von sensorischen Impulsen, die durch die Bewegungen hervorgerufen werden, die Sistirung des normalen Athmungsrhythmus hervorrufen, zeigen Versuche, bei welchen nach Ausreissung beider Nn. faciales und Durchtrennung der beiderseitigen 3., 4. und 5. Cervicalnerven die regelrechten Athembewegungen im Kehlkopfe eintraten, sobald die künstliche Respiration ausgesetzt wurde, und zwar waren die Athmungsbewegungen sehr intensive und unterschieden sich in auffallender Weise von den Schnappbewegungen dadurch, dass die forcirte Exspirationsstellung in eine forcirte Inspirationsstellung überging und umgekehrt, während zwischen den einzelnen Schnappbewegungen

oft viele Secunden andauernde Ruhepausen vorhanden zu sein pflegen.

Wir kommen also auf Grund unserer Versuche und unter Berücksichtigung der schon früher bekannten Thatsachen zu der folgenden Vorstellung von der Entstehung der rhythmischen Athemimpulse:

Dem Thoraxkern, Vaguskern und Facialiskern fliessen chemische (Blut-) Reize und reflectorische Reize zu, deren Summation zur Abgabe des motorischen Respirationsimpulses führt. Dieser trifft die Muskeln jener drei Kerne desshalb gleichzeitig, weil die Kerne durch centrale Nervenfasern in functionellem Rapport stehen. Wird einer der Kerne von den beiden anderen abgetrennt, so sind die beiden mit einander verknüpften noch im Stande ihre Reize ziemlich regelmässig zu summiren und so zur Auslösung der rhythmischen Athembewegungen zu verwerthen, doch ist die Schwelle für diese Auslösung höher geworden, — daher die langen Pausen[1] — der schliesslich ausgelöste Impuls aber entsprechend der längeren Summationsdauer ein intensiverer — Schnappbewegungen —. Jeder der drei Kerne, ausser Verbindung gesetzt mit den anderen Kernen, ist im Allgemeinen zu einer Summation seiner Reize und der dadurch bedingten Rhythmik der abzugebenden Impulse nicht mehr befähigt. Nur unter gewissen Umständen erweist er sich noch als Rhythmuskern; der Thoraxkern, wie wir sahen bei jungen Thieren, nach Strychninwirkung etc., vom Vaguskern sagten wir oben, dass wir wenigstens noch Andeutungen unzweifelhafter Rhythmik an den Stimmbändern sehen konnten, nur vom Facialiskern ist uns eine selbstständige Rhythmik nicht bekannt geworden — wir haben freilich auch nicht nach derselben gefahndet. In der Regel aber antwortet ein isolirter Partialkern auf Reize mit Krämpfen (Athmungskrämpfe) die nur noch bisweilen den Charakter desselben als Rhythmuskern erkennen lassen. Wollte man die drei

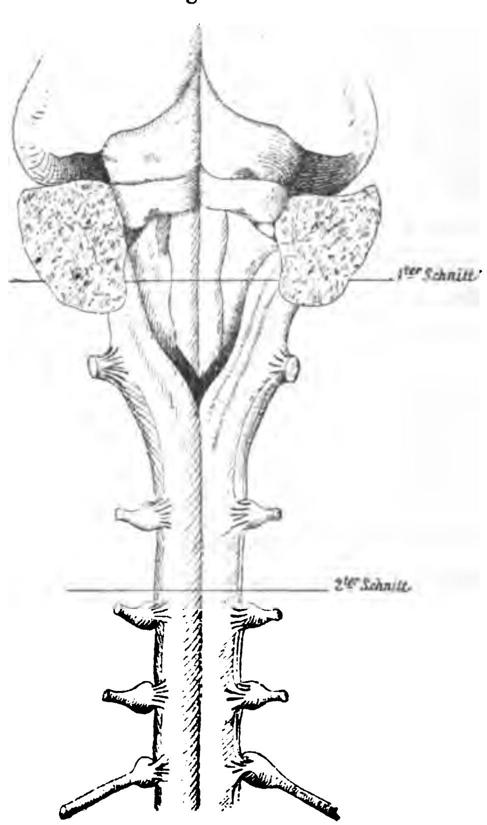
[1] Wenigstens nach Abtragung des Thoraxkernes. Vergleiche übrigens die oben geschilderte Beobachtung von Wertheimer.

Kerne nach dem Grade ihrer functionellen Selbstständigkeit in eine Reihenfolge bringen, dann müsste unseres Erachtens dieselbe lauten: Vaguskern, Thoraxkern, Facialiskern.

Wir wollen nun die Schilderung jener Versuche nachtragen, deren Ergebnisse wir soeben angedeutet haben.



Fig. 7.



VII. Versuchsreihe. Die bereits oben hervorgehobene auffallende Erscheinung, dass der intacte Vagus-Facialiskern für sich allein rhythmische Athembewegungen von Nase und Kehlkopf nicht mehr in der normalen Frequenz und Tiefe aufrecht zu erhalten vermag, sobald der Thoraxkern abgetrennt wird, veranlasste uns zur experimentellen Prüfung: ob und welche Veränderungen die Function des Vaguskerns erleidet, wenn wir ihn, nicht allein vom Thorax-, sondern auch gleichzeitig vom Facialiskern lostrennen.

Wir führten nun zu diesem Zwecke die beiden in Figur 7 verzeichneten Schnitte in folgender Reihenfolge: zuerst wurde der Facialiskern abgetrennt und wir sahen die Nasenathmung stille stehen, während Thorax und Kehlkopf sowohl spontan, als letzterer bei der künstlichen Athmung auch pervers, fortrespirirte.

Nun wurde der zweite Schnitt zwischen dem 2. und 3. Halswirbel angelegt. Hierauf selbstverständlich Stillstand der Thoraxathmung. Im Kehlkopfe hingegen ist entweder gar keine spontane Athmung oder eine zitternde, unregelmässige Bewegung mit allmäligem Übergange in excessive Abductionsstellung vorhanden oder man sieht, wie die weitklaffende Glottis, namentlich nach vorhergehender künstlicher Respiration 2—3 Bewegungen, analog der In- und Exspiration ausführt, aber nicht eine typische Athmung.

Bei der künstlichen Respiration machen die Stimmbänder die gewöhnlichen perversen Bewegungen und man sieht diese zuweilen sogar viel energischer auftreten, als unter normalen Verhältnissen. Eine Erscheinung, die die Vermuthung erwecken könnte, dass die centripetalen Impulse unter solchen Umständen weit ausgiebiger dem Vaguskern zugute kommen, als bei intacter Verbindung mit dem Facialis- und Thoraxkern. [1]

Bei reflectorisch ausgelösten Schluckbewegungen wird die Glottis prompt geschlossen.

Dieses in einer Reihe von Experimenten immer wiederkehrende Versuchsergebniss erleidet keinerlei Veränderung, wenn der zweite Schnitt um 1—2 Zwischenwirbelräume tiefer verlegt wird.

Dass die Beeinträchtigung der Vagusfunction nicht etwa auf eine durch die Eingriffe bedingte shockartige Wirkung zurückzuführen sei, schien uns schon aus dem Umstande zweifellos hervorzugehen, dass die Schluck- und die perversen Athembewegungen vollkommen intact blieben.

Man könnte nun freilich sagen — und es ist Ähnliches thatsächlich geäussert worden — dass der Antheil des Vaguskernes,

[1] Um jedem Missverständnisse vorzubeugen, wollen wir noch ausdrücklich hervorheben, dass wir überall, wo vom Thoraxkern die Rede ist, stets die Summe der Kerne des Phrenicus und der Thoraxmuskeln meinen.

welcher der Rhythmik der Athmung vorsteht, local getrennt ist von jenem Theil, welcher den motorischen Kehlkopffasern ihren Ursprung gibt und jenem, von welchem die Kehlkopfathmungen reflectorisch beeinflusst werden (perverse Athmung).

Dass der sensorische und der motorische Vaguskern örtlich getrennt, und demnach eine locale Trennung verschiedener Functionen im Vaguskern vorhanden ist, wird nicht bezweifelt werden können, doch sind diese Antheile des Vaguskernes in allerengster Nachbarschaft und in engster physiologischer Verknüpfung, wie schon daraus hervorgeht, dass bei unseren zahlreichen Querschnitten durch die betreffenden Gegenden nie ein Fall vorgekommen ist, in welchem die Rhythmik der Thoraxathmung erhalten geblieben wäre, bei Sistirung der Rhythmik der spontanen Kehlkopf- und Nasenathmung und Fortbestand der perversen Athmung der beiden letzteren.

Angesichts der nachgewiesenen Functionsfähigkeit des motorischen Vagus- und Facialiskernes trotz in allernächsten Nähe gelegener Querschnitte, wird man sich also zu der Annahme einer nennenswerthen Localdifferenz solcher hypothetischer functioneller Antheile des Vaguskernes kaum entschliessen.

Zum Beweis dessen, dass die von uns nach Abtrennung des Facialis- und des Thoraxkernes im Kehlkopfe beobachtete perverse Athmung wirklich auf einem reinen Vagusreflex beruht, das heisst, dass der centripetale Impuls zum motorischen Vaguskern, auch durch Vagusfasern geleitet wird, haben wir an mehreren Thieren beide Nn. glossopharyngei so nahe als möglich an der Schädelbasis freigelegt und ausgerissen.

Auch jetzt noch zeigte sich bei künstlicher Respiration die perverse Athmung am Kehlkopf und Nase. Sie blieb aber aus und zwar auch an der Nase nachdem der N. vagus unterhalb des Abganges des N. laryngeus superior beiderseits durchschnitten war.

Es geht daraus hervor, dass die centripetalen Impulse, welche die perverse Athmung bewirken — wie zu erwarten war — durch die Nn. vagi verlaufen. Sie dürften wohl identisch sein mit den von Hering-Breuer [1] studirten centripetalen Vagus-Erregungen.

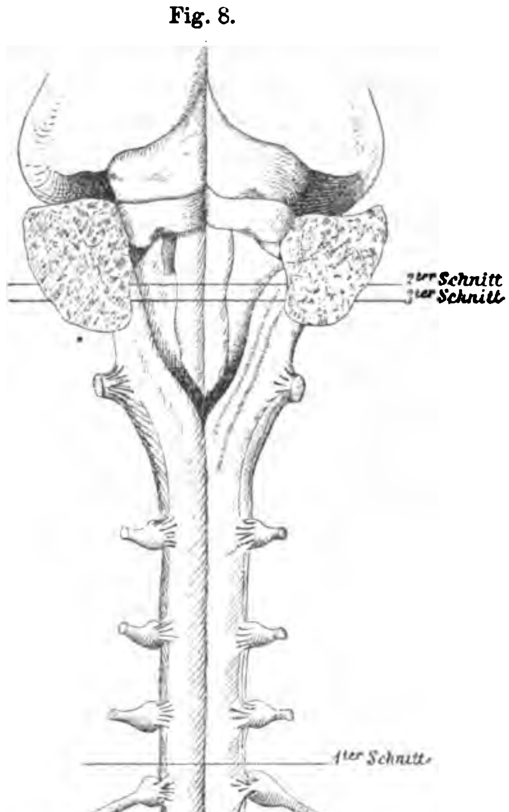
---

[1] Hering-Breuer, Die Selbststeuerung l. c.

Wir haben trotz dieser Erwägungen nicht unterlassen, die Frage von der vermeintlichen Shockwirkung, die bei unseren Versuchen in Betracht kommen könnte, noch anderweitig experimentell zu prüfen.

VIII. Versuchsreihe. Wir trachteten zunächst den zweiten Schnitt so tief wie möglich in das Halsmark zu verlegen und

Fig. 8.



glauben schon in der grossen Entfernung zwischen den beiden Schnittstellen (Abtrennung des Facialis- und Thoraxkernes) ein Argument gegen den Shock erblicken zu dürfen.

Wir führten aber diesen Versuch zum Zwecke eines solchen Nachweises, noch in einer anderen Modification durch.

Wir trennten vorerst das Halsmark an einer so tiefen Stelle, dass die Thoraxathmung eben noch ausblieb, wie dies Figur 8

zeigt und führten den zweiten Schnitt zunächst etwas oberhalb des Facialiskernes. Hierauf blieben Nasen- und Kehlkopfathmung in dem bereits beschriebenen Rhythmus erhalten.

Wir führten nun einen dritten Schnitt 1—2 *mm* unterhalb des zweiten, also unterhalb des Facialiskernes und es traten sofort jene Veränderungen ein, welche wir bei der VII. Versuchsreihe kennen gelernt haben.

Nach diesem Ergebnisse kann wohl kaum angenommen werden, dass die Folgezustände dieses dritten Schnittes, der sich vom zweiten nur um die Niveaudifferenz von 1 höchstens 2 *mm* unterscheidet, für den Vagus, — auf Shockwirkung zurückzuführen seien.

Zur Prüfung der Frage: ob es sich bei diesen Versuchsergebnissen thatsächlich nur um die Folgezustände der Unterbrechung der centralen Verbindung der einzelnen Athmungskerne und nicht etwa um den Ausfall peripherer, sensorischer Impulse handle, haben wir die

IX. Versuchsreihe durchgeführt.

Es wurden zu diesem Zwecke die beiden Nn. faciales ausgerissen, und die für die Athmung wichtigsten vier Cervicalnerven (2, 3, 4 und 5) auf jeder Seite durchtrennt.

Nach diesem Eingriffe macht das Thier vollkommen prompte Athmungen im Kehlkopfe bei der künstlichen Respiration, während die Nase stille steht. Beim Aussetzen der künstlichen Respiration treten im Kehlkopfe sehr forcirte Athembewegungen in einem Rhythmus auf, welcher langsamer ist, als der der normalen Athmung, sich aber von den Schnappbewegungen dadurch unterscheidet, dass keine Ruhepausen da sind. Eine intensive Exspiration folgt direct der Inspiration und umgekehrt. Dabei ist der Thorax nicht vollkommen ruhig, sondern einige, nicht näher bestimmbare Thoraxmuskeln machen krampfhafte Bewegungen, die aber weder ausreichen das Athembedürfniss zu befriedigen, noch in strenger Synchronie mit den Kehlkopfbewegungen stehen. Das Thier würde ohne künstliche Respiration ersticken.

Den wesentlichen Unterschied, den der Typus der Kehlkopfathmung in diesem Versuche im Vergleiche zu jenen Fällen, wo die einzelnen Athmungskerne zum Theil oder auch alle insge-

sammt von einander isolirt waren, darbietet, brauchen wir wohl nicht weiter hervorzuheben.

Aus diesen Versuchsergebnissen haben wir oben die Schlussfolgerung gezogen, dass der isolirte Vaguskern bei der Athmungsinnervation, keine nennenswerth grössere Selbstständigkeit besitzt, als der isolirte Facialis- oder Thoraxkern.

Mindestens zwei dieser Kerne müssen in functioneller Verbindung bleiben, wenn noch überhaupt ein rhythmisches Athmen bestehen soll.

Diese Grundbedingungen machen es von vorneherein selbstverständlich, dass die Verletzung des in der Mitte sich befindenden Vaguskernes von weit eingreifenderen Folgen begleitet sein muss, als die Abtragung des Facialis- oder Thoraxkernes, wo der Eingriff die functionelle Verbindung zweier Kerne immer noch intact lässt. Es erklärt sich auch auf diese Weise der Befund von Fréderiq,[1] demzufolge die Athmung sistirt, wenn das Athmungscentrum der Medulla oblongata abgekühlt wird. Es ist eben gleichgiltig, ob die functionelle Trennung der Partialathmungscentren durch die Durchschneidung der verbindenden Fasern oder durch deren Leitungsunfähigkeit in Folge der Abkühlung bewirkt wird.

Die dominirende Rolle des Vaguskernes ist also seiner anatomischen Position zuzuschreiben und wir halten es für sehr wahrscheinlich, dass wenn es gelänge, den Facialis- und den Thoraxkern bei vollständiger Eliminirung des Vaguskernes in directe functionelle Verbindung mit einander zu bringen, das von uns aufgestellte Gesetz von der paarweisen Zusammenwirkung der Athmungskerne seine volle Bestätigung finden würde.

Für die Richtigkeit dieser Annahme, einen experimentellen, in jeder Beziehung vorwurfsfreien Wahrheitsbeweis zu erbringen, dürfte wohl kaum je gelingen.

Wir glauben aber auf Grund einiger bemerkenswerther Thatsachen auf deren Berechtigung mit Wahrscheinlichkeit schliessen zu dürfen.

---

[1] L. c.

Am 7. Februar 1888 nämlich hatten wir ein Kaninchen mittelst Schwefeläther tief narcotisirt. Die Cornea reagirte nicht, die spontane Thorax- und Nasenathmung war sehr beschleunigt, letztere bei der künstlichen Respiration pervers.

Der Kehlkopf macht weder spontane, noch perverse Bewegungen. Die Stimmbänder bleiben in Cadaverstellung.

Dieser Versuch wurde mit gleichem Erfolge mehrere Male wiederholt.

Hatten wir nun aber in den späteren, direct zu diesem Zwecke angestellten Versuchen, die Narcose absichtlich intensiver durchgeführt, dann blieb nicht allein die Kehlkopf-, sondern auch die spontane Nasenathmung nahezu gänzlich, die perversen Bewegungen der Nasenflügel bei der künstlichen Respiration aber vollständig aus.

Diese Versuche lehren zunächst, dass durch die Äthernarcose zuerst die motorischen Centren der Kehlkopfmuskeln ergriffen werden (Nasenathmung intact) und dass die regulatorischen Fasern des Vagus erst in zweiter Linie daran kommen (perverse Nasenathmung sistirt).

Sie lehren anderseits auch, dass die Athmungsrhythmik noch thätig sein kann, während die Ursprungsganglien der motorischen Kehlkopfnerven durch die Narcose gelähmt sind.

Eine weitere und beweiskräftigere Stütze für unsere Annahme von der Wirkung einer supponirten unmittelbaren, functionellen Verbindung zwischen Facialis- und Thoraxkern. glauben wir in einzelnen Versuchsergebnissen zu finden, die schon vor vielen Jahren und von mehreren Forschern, gelegentlich ihrer Studien über das Athmungscentrum erzielt worden sind.

Es galt die alte Lehre vom „Noeud vitale“ auf ihre Berechtigung zu prüfen und man versuchte zu diesem Zwecke einzelne Theile vom Vaguskern abzutrennen.

Auf diese Weise fand Longet[1] schon im Jahre 1847, dass man in der Gegend der Vaguskerne die Pyramiden und Corpora

[1] Longet, Traité de Physiologie. T. III, p. 385; cit. nach Kronecker l. c.

estiformia zerstören kann, ohne die Athmung zu beeinträchtigen; dass aber die isolirte Zerstörung des intermediären Bündels in derselben Höhe des Bulbus den sofortigen Athmungsstillstand zur Folge hat. Milne-Edwards nannte auch desshalb dieses Bündel „Respirationsbündel".

In gleicher Weise berichtet Schiff in seiner „Muskel- und Nervenphysiologie", dass man bei einiger Vorsicht den ganzen Lebensknoten und das ihm anschliessende Dreieck von grauer Substanz herausschneiden kann und das Thier überlebt den Eingriff in anscheinender Gesundheit noch mehrere Tage. Die Verletzung des oberen, äusseren Theiles der Ala cinerea hingegen, hebt die Athmung sofort auf.

In den Sechziger-Jahren machte Gierke[1] die Mittheilung, dass Kaninchen wohl athmen können, wenn ihnen die Alae cinereae ganz zerstört wurden, dass aber jedwede Respiration sofort aufhört, sobald man das „solitäre Bündel", dessen anatomischen Verlauf er genau angibt, durchtrennt hat.

Diesem Respirationsbündel, welches nach Krause den Vagus- mit dem Phrenicuskern verbindet, wurde nun begreiflicherweise eine hohe Bedeutung für die Athmungsinnervation beigelegt,[2] die man dann um so höher stellen zu müssen glaubte, als Gierke später zwischen den einzelnen Nervenfasern auch noch Nervenzellen nachweisen konnte.

Wenn unsere Auffassung von der Functionsweise der drei Athmungskerne richtig ist, dann wäre an der Thatsache, dass die Athmung auch noch nach Zerstörung des Vaguskernes fortbesteht nichts Auffallendes.

Nachdem die Verbindung des Athmungsbündels mit dem Phrenicuskern, dem Vaguskern (Krause) und Glossopharyngeuskern (Schwalbe) anatomisch nachgewiesen ist: dürfen wir angesichts des dichten Filzes von Nervenfasern an jenen Stellen der Medulla oblongata und der grossen Nähe des Facialiskernes auch noch eine Verbindung mit diesem voraussetzen.

So lange nun das Respirationsbündel intact bleibt und den Facialiskern mit dem Phrenicuskern in functioneller Beziehung

[1] Gierke, Die Theile der Med. oblongata etc. Pflüger's Arch. B. VII.

[2] Vergl. Rosenthal in Hermann's Handbuch der Physiologie. IV. 2, S. 247 u. ff.

erhält, ist der Fortbestand der rhythmischen Athmung gesichert. Erst die Verletzung dieser Verbindung hebt jedwede Respiration auf.

Während nun einerseits diese Versuchsergebnisse älterer Forscher unserer Annahme, dass der Facialis- und Phrenicuskern für sich allein, wenn sie in directer und unmittelbarer functioneller Verbindung stehen, für eine rhythmische Athmung aufkommen können, einen plausiblen Hintergrund bieten, so gewinnt anderseits die Bedeutung dieses Respirationsbündels erst im Lichte unserer Darlegungen ihre volle Beleuchtung.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XCVIII. Band. VIII. Heft.

ABTHEILUNG III.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie des Menschen und der Thiere, sowie aus jenem der theoretischen Medicin.

XIX. SITZUNG VOM 10. OCTOBER 1889.

Der Vicepräsident der Akademie, Herr Hofrath Dr. J. Stefan, führt den Vorsitz und begrüsst die Mitglieder der Classe bei Wiederaufnahme der akademischen Sitzungen.

Hierauf gibt der Vorsitzende Nachricht von dem Ableben des ausländischen correspondirenden Mitgliedes dieser Classe Sr. Excellenz Dr. Johann Jakob Tschudi, welches am 8. d. M. in Edlitz (Jakobshof) in Niederösterreich erfolgte.

Die anwesenden Mitglieder geben ihrem Beileide durch Erheben von den Sitzen Ausdruck.

Der Secretär legt die im Laufe der Ferien erschienenen akademischen Publicationen vor, und zwar:

Den 39. Jahrgang des Almanach der kaiserlichen Akademie für das Jahr 1888; ferner von den

Sitzungsberichten der Classe, Jahrgang 1889, Abtheilung I.: Heft I—III (Jänner—März); Abtheilung II. a. Heft II—III (Februar—März) und IV—V (April—Mai); Abtheilung II. b.: Heft IV—V (April—Mai); Abtheilung III: Heft I—IV (Jänner—April) und die

Monatshefte für Chemie Nr. VII (Juli) und Nr. VIII (August) 1889.

Se. kaiserl. und königl. Hoheit der durchlauchtigste Herr Erzherzog Ludwig Salvator und Se. Durchlaucht der regierende Fürst Johann von und zu Liechtenstein danken für die Wahl zu Ehrenmitgliedern der kaiserl. Akademie.

Für die Wahl zu ausländischen correspondirenden Mitgliedern dieser Classe sprechen ihren Dank aus die Herren Professor Stanislao Cannizzaro in Rom und Vice-Director Dr. Moriz Loewy in Paris.

Ferner bringt der Secretär Dankschreiben zur Kenntniss von der königl. italien. Botschaft in Wien, sowie von dem Municipium und der Communal-Bibliothek in Verona für die Betheilung dieser Bibliothek mit akademischen Publicationen, dann von der Direction der k. k. Universitätsbibliothek in Wien für die der letzteren im abgelaufenen Jahre zugekommenen Büchergeschenke.

Das k. k. Ministerium für Cultus und Unterricht übermittelt ein von der k. und k. Botschaft in Madrid eingesendetes Programm eines aus Anlass der im Jahre 1892 stattfindenden Feier der vor 400 Jahren erfolgten Entdeckung Amerika's ausgeschriebenen internationalen literarischen Concurses.

Das w. M. Herr Regierungsrath Prof. E. Mach in Prag übersendet eine Abhandlung: „Über die Schallgeschwindigkeit beim scharfen Schuss nach von dem Krupp'schen Etablissement angestellten Versuchen".

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. C. Freih. v. Ettingshausen übersendet eine Abhandlung: „Die fossile Flora von Schönegg bei Wies in Steiermark", I. Theil.

Das c. M. Herr Prof. V. v. Ebner in Wien übersendet eine Abhandlung unter dem Titel: „Das Kirschgummi und die krystallinischen Micelle".

Das c. M. Herr Hofrath Prof. E. Ludwig in Wien übersendet eine Abhandlung von Dr. Leon Nencki aus Warschau, betitelt: „Das Methylmercaptan als Bestandtheil der menschlichen Darmgase".

Herr Dr. Paul Oppenheim in Berlin übersendet eine Abhandlung unter dem Titel: „Die Land- und Süsswasserschnecken der Vicentiner Eocänbildungen, eine paläontologisch-zoogeographische Studie".

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. „Spectralanalytischer Nachweis von Spuren eines neuen, der 11. Reihe der Mendelejeff'schen Tafel angehörigen Elementes, welches besonders im Tellur und Antimon, ausserdem aber auch im Kupfer vorkommt“, von Prof. Dr. A. Grünwald an der k. k. deutschen technischen Hochschule in Prag.
2. „Theorie über Störungen auf Weltkörpern bei Verlegung ihres Schwerpunktes“, von Herrn J. Gerstberger in Krakau.
3. „Über das Wesen der toxaemischen Eclampsie und des toxaemischen Coma und die Begründung der Symptome“, von Dr. Heinrich Leiblinger in Brody.

Der Secretär legt ferner einen vorläufigen Reisebericht des k. k. Hauptmann-Auditors Dr. Hugo Zapałowicz, ddo. Valparaiso, 19. Juni 1889, vor.

Herr Prof. Dr. J. Puluj aus Prag demonstrirt ein von ihm construirtes Telethermometer und überreicht eine darauf bezügliche Abhandlung.

Herr Dr. Victor Uhlig in Wien bespricht die Ergebnisse einer geologischen Reise in das Gebiet der goldenen Bistritz in der Moldau und in die angrenzenden Theile von Siebenbürgen und der Bukowina, welche er in diesem Sommer auf Veranlassung der kaiserl. Akademie und mit den Mitteln der Boué-Stiftung unternommen hat.

Herr Prof. Dr. E. Lippmann in Wien überreicht eine in Gemeinschaft mit Herrn F. Fleissner ausgeführte Arbeit „Über Oxychinolinsulfonsäuren.“

Selbständige Werke, oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Bericht über den Allgemeinen Bergmannstag zu Wien, 3. bis 7. September 1888. Redigirt und herausgegeben von dem Comité des Bergmannstages. (Mit 12 Tafeln.) Wien, 1889; 8°.

International Polar Expedition, Report on the Proceedings of the United States Expedition to Lady Franklin Bay, Grinnell Land. Vol. II. By Adolphus W. Greely. Washington, 1888; 8⁰.

Voyage of H. M. S. Challenger 1873—1876. Reports on the scientific results. Published by Order of Her Majesty's Gouvernment. Zoology-Vol. XXIX. Text I and II. London, 1888.—Vol. XXX. I. Text; II. Plates. —Vol. XXXI. I. Text; II. Plates, London, 1889.

XX. SITZUNG VOM 17. OCTOBER 1889.

Der Secretär legt das erschienene Heft IV—VII (April—Juni 1889) des 98. Bandes, Abtheilung I der Sitzungsberichte vor.

Das c. M. Herr Prof. G. v. Escherich in Wien übersendet eine Abhandlung von A. Krug, betitelt: „Theorie der Derivationen".

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. „Vorläufiger Bericht über eine geologische Reise in das Gebiet der goldenen Bistritz (nordöstliche Karpathen)", von Dr. Victor Uhlig, Privatdocenten an der k. k. Universität in Wien.
2. „Mittheilung betreffend die Aufstellung des Flugprincipes (zur Theorie der Luftschifffahrt)", von Herrn August Platte in Wien.
3. „Theorie der Kometen", von Herrn Johann Gerstberger in Krotendorf (k. k. Schlesien).

Ferner legt der Secretär ein von Frau Therese Hammerschmied in Wien eingesendetes Manuscript aus dem Nachlasse ihres verstorbenen Gatten, des k. k. Regierungsrathes Dr. Johann Hammerschmied, vor, welches über Erdbeben handelt.

Das w. M. Herr Hofrath L. v. Barth übersendet folgende Mittheilung von C. Etti als Nachtrag und Berichtigung zu dessen in seinem Laboratorium ausgeführten Arbeit: „Zur Chemie der Gerbsäuren". [Sitzungsber. Bd. 98. Abth. II. b. (Juli-Heft 1889.)]

Herr Dr. Max Mandl in Wien überreicht eine Abhandlung: „Über eine analytische Darstellung des Jacobi'schen Symbols und deren Anwendung."

Herr Ludw. G. Dyes aus Bremen, im Auftrage der *International Graphophone Company* in New-York, demonstrirt einen von Prof. Ch. S. Tainter, U. S. A. 1886, erfundenen phonographischen Apparat, welchen er Graphophon nennt.

Selbständige Werke, oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Adamkiewiccz, A., *Pachymeningitis hypertrophica* und der chronische Infarct des Rückenmarkes. Anatomisch und klinisch bearbeitet. (Mit 1 Tafel in Farbendruck.) Wien, 1890; 8°.

Christomanos, A. K., Handbuch der Chemie. II. Bd., III. Theil. Organische Chemie. (In neugriechischer Sprache.) Athen, 1889; 8°,

Publicationen für die internationale Erdmessung; Astronomische Arbeiten des k. k. Gradmessungs-Bureau, ausgeführt unter der Leitung des Hofrathes Theodor v. Oppolzer; nach dessen Tode herausgegeben von Prof. Dr. Edmund Weiss und Dr. Robert Schram. I. Bd. Längenbestimmungen. Wien, 1889; 4°.

Das Methylmercaptan als Bestandtheil der menschlichen Darmgase

von

Dr. **Leon Nencki** in Warschau.

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. October 1889.)

In dem letzten Hefte dieser Berichte[1] findet sich die Mittheilung von M. Nencki und N. Sieber in Bern, dass bei der Gährung des Eiweisses oder des Leims unter den gasförmig auftretenden Producten sich constant Methylmercaptan vorfindet. Diese Beobachtung, die mir übrigens schon früher brieflich durch meinen Bruder mitgetheilt wurde, veranlasste mich, auch den menschlichen Darminhalt daraufhin zu untersuchen, da, wie bekannt, ein Theil des Speisebreies in unserem Darmcanal, namentlich im Dickdarm, durch die Microben zersetzt wird.

Aus den früheren Arbeiten über die Darmgase von Planer und Ruge wissen wir, dass dieselben aus Kohlensäure, Wasserstoff, Grubengas und Schwefelwasserstoff bestehen. Von vorneherein war anzunehmen, dass auch der grösste Theil des im Darm entstehenden Methylmercaptans gasförmig entweicht, und nur ein geringer Theil in dem Darminhalt gelöst sich vorfinden wird. Da es sich zunächst überhaupt um Nachweis des Methylmercaptans im Darminhalt handelte, und ich augenblicklich nicht im Besitze der Apparate zum Aufsammeln der Darmgase war, so habe ich mich auf die Untersuchung der menschlichen Excremente beschränkt, die ich mir von den Patienten des hiesigen Spitals zum heiligen Geist leicht verschaffen konnte. Frisch gelassene Excremente wurden mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und aus tubulirten Retorten unter Zusatz von Oxalsäure (auf je 0·5 K. 15 *g* Oxalsäure), genau in der gleichen

[1] Diese Berichte, Bd. 98, Abth. II. b, Mai 1889.

Weise, wie dies in der Mittheilung meines Bruders beschrieben ist, destillirt. Die entweichenden Gase passirten zunächst ein Kölbchen, wo die Wasserdämpfe zurückgehalten wurden, und darauf eine 3%ige Cyanquecksilberlösung. Die Hauptmenge des anfänglich entweichenden Gases war Kohlensäure, und erst später entwichen Gase, die in der Quecksilberlösung einen anfangs gelblichen, später schwarzen Niederschlag erzeugten. Die Menge dieses Niederschlages war jedoch immer nur gering; jedenfalls bedeutend geringer als aus vergährten Eiweisslösungen, obgleich ich die Destillation stets so lange fortsetzte, bis keine Gase mehr entwichen. Der nach Verarbeitung von 3 *kg* menschlicher Excremente erhaltene Quecksilberniederschlag wurde abfiltrirt, ausgewaschen, noch feucht mit etwas Wasser und Salzsäure zu einem Brei angerührt und durch Erhitzen in einem kleinen Erlenmeyer'schen Kölbchen zersetzt. Das jetzt entweichende Gas in einer frisch bereiteten Lösung von neutralem Bleiacetat aufgefangen, erzeugte darin sofort einen gelben krystallinischen Niederschlag, aus mikroskopischen Tafeln und Prismen bestehend. Gleichzeitig nahm die Bleilösung den äusserst charakteristischen Geruch des Methylmercaptans an. Die Menge des erhaltenen Bleisalzes war für eine Analyse zu gering; auch hier bestand der Quecksilberniederschlag vorwiegend aus Schwefelquecksilber. Der charakteristische Geruch, sowie das erhaltene Bleisalz sind jedoch ein genügender Beweis für das Vorhandensein des Methylmercaptans in den menschlichen Excrementen. Wie schon oben erwähnt, habe ich nur minimale Mengen darin erwartet, da die, durch die Gährung der Kohlehydrate und des Eiweisses im Dickdarme gebildeten Säuren die etwaigen Alkaliverbindungen des Methylmercaptans zersetzen müssen, und das Letztere hauptsächlich gasförmig entweicht. Die nächste Aufgabe wird nun sein, die physiologische Wirkung des Methylmercaptans zu untersuchen, da dieses Gas voraussichtlich dem Organismus gegenüber nicht indifferent sich verhält. Von Interesse würde es ferner sein, die Menge dieses Gases bei den verschiedenen mikrobiotischen Erkrankungen des Darmcanals zu bestimmen.

XXI. SITZUNG VOM 24. OCTOBER 1889.

Der Secretär legt das erschienene Heft VI (Juni 1889) des Bandes 98, Abtheilung II. a. der Sitzungsberichte vor.

Herr Prof. Alexander Agassiz in Cambridge (Mass.) dankt für seine Wahl zum ausländischen correspondirenden Mitgliede dieser Classe.

Herr Dr. Theodor Gross, Privatdocent an der technischen Hochschule in Berlin, übersendet eine Abhandlung betitelt: „Chemische Versuche über den Schwefel".

Der Secretär legt folgende eingesendeten Abhandlungen vor:

1. „Über helle und trübe, weisse und rothe quergestreifte Musculatur" (I. Mittheilung), von Prof. Dr. Ph. Knoll an der k. k. deutschen Universität in Prag.
2. „Über die Wärmeausdehnung der Gase" (II. Theil), von Prof. P. Carl Puschl in Seitenstetten.

Das w. M. Herr Prof. E. Weyr überreicht eine Abhandlung von Prof. Dr. Jan de Vries in Kampen (Holland): „Über gewisse Configurationen auf ebenen cubischen Curven".

Das w. M. Herr Hofrath Prof. v. Barth überreicht eine Arbeit aus dem chemischen Laboratorium des k. und k. Militär-Sanitätscomités von Oberarzt Dr. L. Niemiłowicz: „Über die Einwirkung des Bromwasserstoffs und der Schwefelsäure auf primäre Alkohole".



SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XCVIII. Band. IX. Heft.

ABTHEILUNG III.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie des Menschen und der Thiere, sowie aus jenem der theoretischen Medicin.



XXII. SITZUNG VOM 7. NOVEMBER 1889.

Der Secretär legt das erschienene Heft VI—VII (Juni-Juli 1889) des Bandes 98, Abtheilung II. b. der Sitzungsberichte vor.

Die Leitung der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie und Reproductionsverfahren in Wien dankt für die Betheilung mit akademischen Schriften.

Das w. M. Herr Regierungsrath Prof. E. Mach in Prag übersendet eine von ihm in Gemeinschaft mit Herrn Prof. Dr. P. Salcher in Fiume ausgeführte Arbeit unter dem Titel: „Optische Untersuchung der Luftstrahlen“.

Ferner übersendet Herr Regierungsrath Mach drei in Gemeinschaft mit Herrn Med. stud. L. Mach ausgeführte Arbeiten, und zwar:

1. „Weitere ballistisch-photographische Versuche“.
2. „Über longitudinale fortschreitende Wellen im Glase“.
3. „Über die Interferenz der Schallwellen von grosser Excursion“.

Das c. M. Herr Hofrath Prof. E. Ludwig in Wien übersendet eine im Laboratorium von Prof. v. Nencki in Bern begonnene, in seinem Laboratorium vollendete Arbeit von Dr. Richard Kerry: „Über die Zersetzung des Eiweisses durch die Bacillen des malignen Oedems“.

Das c. M. Herr Prof. R. Maly übersendet eine Abhandlung aus dem chemischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag von Victor v. Zotta: „Über Zinksulfhydrat“.

Herr Prof. Dr. A. Wassmuth in Czernowitz übersendet eine Abhandlung: „Über die bei der Torsion und Detorsion

von Metalldrähten auftretenden Temperaturänderungen."

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. „Darstellungen zahlentheoretischer Functionen durch trigonometrische Reihen", von Herrn Franz Rogel in Brünn.
2. „Bemerkungen über den integrirenden Factor bei gewöhnlichen Differentialgleichungen", von Herrn Camillo Körner in Linz.

Das w. M. Herr Prof. V. v. Lang überreicht eine Abhandlung von Prof. K. Fuchs in Pressburg, betitelt: „Directe Ableitung einiger Capillaritätsfunctionen".

Das c. M. Herr Prof. Sigm. Exner in Wien, überreicht den zweiten Theil der unter seiner Leitung von Dr. M. Grossmann ausgeführten Untersuchung: „Über die Athembewegungen des Kehlkopfes".

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. Constantin Freih. v. Ettingshausen überreicht eine von ihm und Prof. Franz Krašan in Graz verfasste Abhandlung, betitelt: „Untersuchungen über Ontogenie und Phylogenie der Pflanzen auf paläontologischer Grundlage".

Herr J. Liznar, Adjunct der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, überreicht einen vorläufigen ersten Bericht über die im Sommer d. J. ausgeführten erdmagnetischen Messungen in Budapest und Böhmen, welche einen Theil einer neuen magnetischen Aufnahme Österreichs bilden.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Le Prince Albert I[er], Prince de Monaco, Résultats de Campagnes Scientifiques accomplies sur Son Yacht „l'Hirondelle". Fascicule I. Contribution à la Fauna Malacologique des Iles Açores. (Avec trois Planches.) Publiés sous Sa direction avec le concours de M. Le Baron Jules de Guerne, Chargé des Travaux zoologiques à bord. Imprimerie de Monaco, 1889; 4°.

Über die Zersetzung des Eiweisses durch die Bacillen des malignen Oedems

von

Dr. **Richard Kerry.**

Über Anregung des Herrn Prof. Dr. v. Nencki und von ihm in der freundlichsten Weise unterstützt, habe ich die vorliegende Untersuchung über die Zersetzung des Eiweisses durch die Bacillen des malignen Oedems im Juli 1888 begonnen. Herr Prof. Dr. Nencki hat im Verlaufe meiner Untersuchung mit anderen anaëroben Spaltpilzen ähnliche Versuche unternommen, mit denselben Methoden, die er so freundlich war, mir anzurathen, und die Ergebnisse seiner Untersuchung bereits publicirt.[1] Insofern erscheint die vorliegende Untersuchung als Ergänzung zu der eben citirten und erklärt sich auch die Ähnlichkeit in der Anordnung der Versuche.

Während bisher bei den Untersuchungen über die Zersetzungsproducte des Eiweisses die eiweisshältigen Substanzen meistens einfach der Fäulniss überlassen wurden, habe ich bei meiner Untersuchung den Einfluss einer bestimmten Bacterienart auf die Eiweisszersetzung geprüft.

Durch die Güte meines hochverehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. Max Gruber gelangte ich in den Besitz von Reinculturen der Bacillen des malignen Oedems, von denen vermöge der Verflüssigung der Gelatine durch dieselben, vermöge ihrer starken Gasentwicklung und pathogenen Wirkung eine intensive Einwirkung auf Eiweiss zu erwarten war.

---

[1] Siehe Monatshefte für Chemie, X. Bd., 7. Heft, Juli 1889. Gesammelte Abhandlungen aus den Sitzungsberichten der kais. Akademie der Wissenschaften.

Als Eiweisssubstanz benützte ich — wie v. Nencki — getrocknetes Ochsenblutserum, sogenanntes Bluteiweiss. 150 *g* dieses Bluteiweisses wurden in grossen Kolben mit 3 *l* gewöhnlichen Wassers übergossen, die Kolben mit Watte verstopft und einer sehr exacten fractionirten Sterilisirung unterzogen. Ich habe die Kolben mindestens sieben Tage lang je zwei Stunden im strömenden, überhitzten Wasserdampfe sterilisirt und besitze heute noch einen vollkommen keimfreien Controlkolben, welcher im December vorigen Jahres hergestellt wurde. Die auf diese Weise hergestellte Flüssigkeit war von hellgraugelber Farbe und enthielt einen geringen Theil des Eiweisses und Salze in Lösung, während der grösste Theil des Eiweisses ungelöst war. Es wurde hierauf in einen doppeltdurchbohrten Kautschukstöpsel, welcher in Sublimat sterilisirt war, einerseits ein bis auf den Boden gehendes Gaszuleitungsrohr, andererseits ein Kugelapparat, in welchem Quecksilber vorgelegt wurde, gesteckt, die Röhren durch die Flamme gezogen, die Kolben mit einer ganzen verflüssigten Gelatinecultur beschickt und rasch mit dem in oben beschriebener Weise adjustirten Pfropfen geschlossen.

Zur Vertreibung der Luft aus den Kolben wurde circa eine Stunde lang Kohlensäure durchgeleitet. In dieser Zeit erschien bei der Prüfung mit Kalilauge die Luft verdrängt.

Das Zuleitungsrohr wurde nun im Gasstrome abgeschmolzen und die Kolben hierauf einer Temperatur von 37—40° ausgesetzt. Bei günstiger Temperatur — unter 35° trat die Zersetzung nie ein — bemerkte man nach 24 Stunden eine deutliche Trübung der ursprünglich klaren Flüssigkeit, nach weiteren 24 Stunden zeigte sich über dem Eiweiss eine mehrere Millimeter hohe weisse Schichte und es begann die Entwicklung stinkender Gase, durch deren Entweichen das vorgelegte Quecksilber geschwärzt wurde.[1] Unter dieser anfangs heftigen, später immer langsamer verlaufenden Gasentwicklung schritt die Eiweiss-

---

[1] Die rasche Entwicklung der gasförmigen Producte, welche die eingeleitete Kohlensäure verdrängt und den Bacillen ihre Atmosphäre verschafft, dürfte die Ursache sein, dass in diesem Falle die Bacillen wachsen, während sonst — nach den Untersuchungen von Fraenkel — die Kohlensäure einen entwicklungshemmenden Einfluss hat.

zersetzung immer weiter fort, bis circa zum zehnten Tage, vom Tage der Impfung gerechnet.

Um diese Zeit hörte die Gasentwicklung auf, die früher trübe Flüssigkeit klärte sich; am Boden des Gefässes verblieb ein kleiner Rest unzersetzten Eiweisses. Der Versuch wurde immer am zehnten Tage unterbrochen und die heftig stinkende Flüssigkeit zur Prüfung der Reinheit in Gelatine überimpft.[1]

Der mikroskopische Befund zeigte immer ein einheitliches Bild, entsprechend der Reincultur der Bacillen des malignen Oedems. Die Reaction der Flüssigkeit war stets alkalisch.

Auf die beschriebene Weise wurden etwa 20 Kolben à 3 *l* in Arbeit genommen.

Die Flüssigkeit wurde hierauf mit Oxalsäure angesäuert, wobei Schwefelwasserstoff und Kohlensäure entwichen, und dann auf freiem Feuer destillirt.

Das Destillat war meist milchig getrübt von einem fein vertheilten öligen Körper, welcher auch in grösseren Tropfen auf der Flüssigkeit schwamm. Es enthielt weder Skatol, noch Indol, dagegen die bei der Eiweissfäulniss vorkommenden Fettsäuren und den oberwähnten öligen Körper. Zur Bindung der Fettsäuren wurde das Destillat mit Natriumcarbonat alkalisch gemacht und hierauf mit Äther ausgeschüttelt. Das Öl ging in den Äther, welcher nun von der klaren Lösung der Natronsalze abgegossen werden konnte. Der Äther wurde abdestillirt, das mit H_2O gemischte Öl mit Chlorcalcium getrocknet.

Auf diese Weise erhielt ich etwa 30 cm^3 eines gelblichen Öles von nicht zu definirendem widrigem Geruche. Dieses Öl wurde im Linneman n'schen Apparate fractionirt destillirt. Ich erhielt sehr geringe Antheile, welche bis 109° übergingen. Die Hauptfraction erhielt ich zwischen 109—210°, einen weiteren Antheil über 360°.[2] Die Fraction 109—210° wurde abermals,

[1] Ich benützte zur Überschichtung der in Gelatine geimpften Anaëroben nicht Gelatine, sondern sterilisirtes Paraffinum liquidum (Pharm. Germ.) mit gutem Erfolge. Man erspart dadurch die umständliche Procedur, wie sie bei der Überschichtung mit Gelatine nöthig ist und ersetzt die Gelatine durch ein für Mikroorganismen recht ungünstiges Medium.

[2] Wie erwähnt, benützte ich zur Cultur flüssiges Paraffin, welches bei der Impfung zum Theil in die Kolben gelangte, bei der Destillation mit Wasser übergeht und — da in Äther löslich — die Fraction über 360° darstellt.

[illegible] fractionirt und ergab einen Hauptantheil zwischen [illegible] einen weiteren von 173—178° C. Diese beiden [illegible] erwiesen sich jedoch als identisch, und daher kann ich [illegible] Siedepunkt derselben zwischen 165—171° annehmen.

Das auf diese Weise erhaltene Product ist ein farbloses [illegible]es Öl, leichter als Wasser, von unangenehmem Geruche. Es ist leicht löslich in Äther, Alkohol, Schwefelkohlenstoff, Benzol, unlöslich in Wasser, Alkalien und Säuren. Nach der Methode von Carius im geschlossenen Rohre mit Salpetersäure erhitzt und weiter geprüft, erwies es sich als schwefelfrei, ebenso bei der Probe mit Nitroprussidnatrium. Auch die Proben auf Stickstoff fielen negativ aus.

Die Analysen des Körpers ergaben folgende Zahlen:

I. 0·2962 *g* verbrannte Substanz gaben 0·5987 *g* CO_2 und 0·2572 *g* H_2O. Das entspricht 55·12% C, 9·65% H.

II. 0·2437 *g* verbrannte Substanz gaben 0·4868 *g* CO_2 und 0·2098 *g* H_2O, entsprechend 54·48% C, 9·58% H.

III. 0·2647 *g* verbrannte Substanz gaben 0·5292 *g* CO_2 und 0·2247 *g* H_2O, d. i. 54·52% C, 9·43% H.

Für C_2H_4O wurde berechnet:

C.....54·54%
H .... 9·09.

Gefunden:

C = 55·12%
54·48
54·52
H = 9·65
9·58
9·43.

Nach den Resultaten der Analyse kommt also dem Körper die Formel $n(C_2H_4O)$ zu.

Die Bestimmung der Dampfschichte wurde nach der Methode von V. Mayer im Naphthalinbade und nach der Hoffmann'schen Methode im strömenden Anilindampfe vorgenommen und dabei folgende Zahlen gefunden:

Mayer.

	I	II
Verwendete Substanz		
	0·1157 *g*	0·1102 *g*
$t =$	21·4	19
$V =$	25	24·4
$b =$	748·5	744·5
Daraus $d =$	**4·02**	**4·24**

Hoffmann.

	I	II
Verwendete Substanz		
	0·0213 *g*	0·0615 *g*
$t =$	23·4	23·7
$t_1 =$	182	182
$t_2 =$	28	24,5
$b =$	750	750
$V =$	59·16	82·74
$h_1 =$	228	208
$h_2 =$	419	350
Daraus $d =$	**4·69**	**4·80**

Für $(C_2H_4O)_4$ wird verlangt: $d = 4 \cdot 56$.

Ich glaube demnach berechtigt zu sein, dem fraglichen Öle die Formel $C_8H_{16}O_4$ zu geben.

Ein Theil der Substanz wurde auf ihr optisches Verhalten geprüft. Die Prüfung wurde im 100 *mm*-Rohre mit dem Soleil-Ventzke'schen Apparate vorgenommen und ergab eine Rechtsdrehung um 2·86 Theilstriche. Dies entspricht einem Winkel $\alpha = 5 \cdot 63$. Es erscheint daher wahrscheinlich, dass das Öl ein asymmetrisches Kohlenstoffatom enthält.

Der Körper ergab folgende Reactionen:

1. Mit Fuchsin-Schwefliger Säure eine violette Färbung.

2. Mit ammoniakalischer Silberlösung nach Tollens eine Reduction ohne Spiegelbildung.

3. Mit salzsaurem Phenylhydrazin und Natriumacetat entsteht anfangs deutliche Erwärmung, später eine krystallinische Verbindung.

4. Mit Diazobenzolsulfosäure, Natronlauge und Natriumamalgam eine rothviolette Färbung.

Hingegen entsteht keine Reaction mit Natriumbisulfit, keine Reduction der Fehling'schen Lösung.

Der Rest der Substanz — etwa 5 *g* — wurde mit chromsaurem Kali und Schwefelsäure oxydirt. Die nach Vollendung der Oxydation homogen gewordene Flüssigkeit, welche deutlich nach Fettsäuren roch, wurde im Dampfstrome destillirt, die frei gewordenen Fettsäuren aus dem Destillate ins Barytsalz überführt, dasselbe über Schwefelsäure im Vacuum getrocknet. Dabei verwandelte sich die ursprünglich gelatinöse Masse (nach mehreren Wochen) in ein feines krystallinisches Pulver. Dasselbe wog trocken 1·7836 *g*, das daraus gefundene schwefelsaure Baryt 1·2625 *g*. Es ergibt sich daraus der Baryumgehalt der durch Oxydation gewonnenen Fettsäuren mit 41·64%, ein Gehalt, der zunächst steht dem des valeriansauren Baryums (40·41%). Durch die Oxydation wurde also der Körper der Hauptmasse nach in Valeriansäure überführt.

Über die Natur dieses Öles kann ich einstweilen nur Vermuthungen aussprechen. Seine Reactionen, sowie sein Verhalten bei der Oxydation verweisen ihn in die Reihe der Aldehyde oder Ketone.

Ein aldehydartiger Körper als Product des bacteriellen Stoffwechsels wurde kürzlich von Paltauf und Heider[1] beschrieben. Dieselben konnten keine Analysen anstellen; nach den von ihnen beschriebenen Reactionen ist ihr Aldehyd aber nicht identisch mit meinem Öle — so erhalten Paltauf und Heider Reduction von Fehling'scher Lösung, dagegen entfällt

[1] Siehe Paltauf und Heider, Über Bacillus maïdis (Cuboni). Medic. Jahrbücher der k. k. Gesellschaft der Ärzte. Neue Folge, 3. Jahrgang, 8. Heft, 1889, Wien.

bei ihnen die Reaction mit Fuchsin und schwefliger Säure. Ihr Aldehyd zerfiel bei der Oxydation in Buttersäure und ist optisch nicht activ. Es ist überdies zu bemerken, dass bei den Untersuchungen von Paltauf und Heider den Bacillen ein Minimum von Eiweiss, ein Überschuss von Kohlehydraten, speciell Zucker geboten wurden, so dass dort die Abstammung des Aldehydes aus dem Kohlehydrat für sehr wahrscheinlich erschien, woraus sich von vornherein eine Verschiedenheit vermuthen liesse.

Leider ist mir zur weiteren Erkenntniss dieses bei der Eiweisszersetzung meines Wissens bisher noch nicht bekannt gewordenen Productes das Material ausgegangen. Weitere Untersuchungen, mit denen ich derzeit beschäftigt bin, werden hoffentlich genauere Aufklärungen über seine Constitution geben.

Der Destillationsrückstand wurde — in der von Nencki angegebenen Weise — zum Syrup eingeengt, dieser mit Alkohol erschöpft, wobei oxalsaures Ammon zum grössten Theile ungelöst blieb, der Alkohol abdestillirt und der Rückstand mit Äther aufgenommen. Auf diese Weise erhielt ich eine ätherische Schichte, eine Schichte, die sich als Leucin erwies, und eine dritte syrupöse, in Äther unlösliche Schichte.

Die ätherische Lösung wurde abdestillirt, der dünnflüssige Rückstand mit Zinkoxyd und verdünntem Alkohol auf dem Wasserbade gekocht, die Lösung heiss filtrirt. Beim Erkalten erstarrte das Filtrat zu einer krystallinischen weissen Masse. Dieser Krystallbrei wurde getrocknet, mit verdünnter Schwefelsäure versetzt und mit Äther ausgeschüttelt. Nach Verjagung des Äthers blieb eine gelbliche syrupöse Flüssigkeit zurück, welche in der Kälte zum grossen Theile zu langen Nadeln, auch Krystalldrusen erstarrte. Ein zurückbleibendes dunkles Öl konnte ich leider nie zur Krystallisation bringen. Dasselbe war in verdünntem Alkohol löslich und gab die von Nencki[1] angegebene Reaction mit Natriumnitrit. Dieses von mir immer nur in geringer Menge erhaltene Öl dürfte wohl identisch sein mit der von Nencki beschriebenen Skatolessigsäure.

Die von mir zur Krystallisation gebrachte Säure wurde der Analyse unterzogen und ergab folgende Zahlen:

---

[1] Siehe die Eingangs citirte Arbeit von Nencki.

Verbrannte Substanz 0·2107 *g*. Diese gab 0·1148 *g* H_2O = 0·012755 *g* H und 0·4991 *g* CO_2 = 0·136118 *g* C, d. i.:

	Gefunden	Berechnet für $C_9H_{10}O_3$
C....	64·60%	65·06%
H ...	6·05	6·02
O ...	29·35	28·92.
	100·00	

Sie erwies sich daher als Hydroparacumarsäure.

Der eben angegebene Weg zur Isolirung dieser Säure durch Überführung des ursprünglichen Productes in das Zinksalz und sofortige Zersetzung desselben durch Schwefelsäure erwies sich als der einfachste, um die Hydroparacumarsäure rein zu erhalten. Zu diesem Zwecke genügt dann zweimaliges Umkrystallisiren der Krystalle aus heissem Wasser.

Die Zinksalze, selbst oft umkrystallisirt und mikroskopisch homogen erscheinend, erwiesen sich bei wiederholten Verbrennungen immer als Gemenge.

Bei der Verarbeitung des in Äther unlöslichen alkoholischen Rückstandes, in dem die basischen Producte zu vermuthen waren, bediente ich mich der von Brieger angegebenen Methoden. Hiebei gelangte ich immer zu wässerigen Extracten, welche die allgemeinen Alkaloidreactionen gaben, ohne Pepton zu enthalten. Leider hatte ich zu wenig Material, um zu einem erfolgreichen Resultate zu gelangen.

Bei der Untersuchung der gasförmigen Producte der Bacillen bediente ich mich kleiner, etwa 150 cm^3 fassender Kolben, wie sie Nencki in der oft citirten Arbeit S. 511 abbildet. Nachdem ich in einem Versuche, in welchem ich die Luft mit Stickstoff verdrängte, erkannt hatte, dass Kohlensäure entwickelt wird, habe ich weiterhin zur Vertreibung der Luft wieder Kohlensäure verwendet. Die Kohlensäure entwickelte ich diesmal, um sie ganz rein zu erhalten, aus saurem kohlensaurem Natron, welches in einem auf einer Seite zugeschmolzenen Verbrennungsrohre langsam erhitzt, einen continuirlichen, anhaltenden, langsamen Gasstrom lieferte. Die auf diesem Wege gewonnene Kohlensäure wurde zum Überfluss in Sublimat gewaschen und so lange durch

den Kolben geleitet, bis eine Probe in dem für N-Bestimmungen nach Dumas von Prof. Ludwig angegebenen Apparat über Kalilauge keine Luft mehr erkennen liess. Hierauf wurde (gewöhnlich nach 1½ Stunden) das Gasableitungsrohr unter Quecksilber gestellt, das Gaszuleitungsrohr im Gasstrome abgeschmolzen und das Kölbchen der Bruttemperatur ausgesetzt. Auch hier begann am zweiten Tage eine heftige Gasentwicklung und ich fing das Gas in kurzen Absorptionsröhren Tag für Tag auf.

Beim ersten Kolben unterzog ich das zuerst gewonnene Gas einer besonderen Analyse, der Inhalt der übrigen Absorptionsröhren wurde zusammen analysirt.

Beim zweiten Kolben analysirte ich den Inhalt sämmtlicher Absorptionsröhren gemeinsam. In allen Fällen absorbirte ich jedoch die Kohlensäure und den Schwefelwasserstoff vorher mit Kalikugeln und trocknete ich das Gas, da eine quantitative Bestimmung der Kohlensäure doch irrelevant erschien.

Die Analyse ergab:

	Kolben I, Rohr 1	Kolben I, Rohr 2—6	Kolben II, Rohr 1—5
	Reducirtes Volumen		
Angewandtes Gas	17·91	40·46	16·91
Nach Zusatz von Sauerstoff	93·1	136·25	75·5
Nach der Explosion	68·9	75·24	50·66
Nach der Absorption...	65·85	74·43	49·86
Resultat	H=67·33% CH_4=17·03	C = 98% CH_4 = 2	H=91·42% CH_4= 4·73
Unabsorbirter Rest.....	N=15·64		N= 3·67

Bei den in den später aufgestellten Absorptionsröhren (5, respective 6—10) aufgefangenen Gasproben wurde bei der Absorption mit der Kalikugel das ganze Gas absorbirt, so dass nur eine Gasblase zurückblieb, welche für die weitere Analyse nicht ausreichte.

Die Gase, welche also bei der Zersetzung des Eiweisses durch die Bacillen des malignen Oedems entwickelt werden, sind demnach ausser Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Ammoniak hauptsächlich Wasserstoff, und zwar erscheint dieser im Verlaufe der Gährung in wachsender Menge, in geringer, und zwar im Verlaufe der Gährung abnehmender Menge Grubengas. Was den Stickstoff anbelangt, so möchte ich nach diesen Versuchen allein nicht sicher behaupten, dass er entwickelt wird. Wenn auch die ähnlichen Untersuchungen von Arloing[1] eine Stickstoffentwicklung ergaben, so sind meine Versuche doch mit zu geringen Quantitäten angestellt, als dass das als Stickstoff berechnete Gasvolum nicht in die Reihe der Versuchsfehler fallen könnte. Auffällig ist es auch, dass Stickstoff sich nur im zuerst aufgefangenen Gase vorfindet (Colonne 1), später verschwindet (Colonne 2), ein Verhalten, das durch die Analyse beim zweiten Kolben (Colonne 3) bestätigt zu werden scheint.

Hierüber hoffe ich aus neuen Untersuchungen Aufklärung zu erhalten.

Aus der vorliegenden Untersuchung ergibt sich also, dass bei der Eiweisszersetzung durch die Bacillen des malignen Oedems ein Process vor sich geht, welcher von einem Fäulnissprocesse nicht zu unterscheiden ist. Die Producte desselben sind die bekannten Producte der Eiweissfäulniss, wie: Fettsäuren, Leucin, Hydroparacumarsäure. Auffallend ist der Mangel von Indol und Skatol, bemerkenswerth das Auftreten des Eingangs beschriebenen aldehyd- oder ketonartigen Körpers, welcher wohl bisher bei der Eiweisszersetzung noch nicht aufgefunden wurde.

Es sei mir zum Schlusse gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Hofrath Prof. Dr. Ludwig für die freundliche Erlaubniss, diese Untersuchung in seinem Laboratorium beenden zu dürfen, sowie für seine liebenswürdige Unterstützung bei derselben meinen wärmsten Dank auszusprechen; auch kann ich nicht umhin, meinem verehrten Freunde Herrn Professor Dr. Julius Mauthner für seine bereitwillige Unterstützung in Rath und That herzlich zu danken.

[1] Siehe Comptes rendus, 1888.

XXIII. SITZUNG VOM 14. NOVEMBER 1889.

Der Secretär legt das erschienene Heft V — VII (Mai — Juli 1889) des Bandes 98, Abtheilung III. der Sitzungsberichte vor.

Herr Geh. Regierungsrath Dr. August Wilhelm v. Hofmann in Berlin dankt für seine Wahl zum ausländischen Ehrenmitgliede dieser Classe.

Die Direction der Naturforschenden Gesellschaft zu Emden (Provinz Hannover) ladet die Mitglieder der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zur Jubelfeier des fünfundsiebenzigjährigen Bestandes dieser Gesellschaft ein, welche am 29. December d. J. stattfinden wird.

Das w. M. Herr Hofrath v. Barth überreichte eine in seinem Laboratorium ausgeführte Arbeit des Herrn Rudolph Jahoda: „Über Orthonitrobenzylsulfid und Derivate desselben."

Das w. M. Herr Prof. Ad. Lieben überreicht eine Abhandlung von Dr. Br. Lachowicz, Privatdocent an der k. k. Universität in Lemberg: „Über die saure Restenergie anorganischer Salze."

Hierauf folgten die Mitglieder der Classe einer Einladung des Herrn Wangemann zu seinem Vortrage über den Phonograph von Edison, welcher zu diesem Zwecke im grünen Saale des Akademiegebäudes aufgestellt worden war.

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Hofmann, Aug. Wilh. v., Zur Erinnerung an vorangegangene Freunde. Gesammelte Gedächtnissreden. (Mit Porträtzeichnungen von Julius Ehrentraut). 3 Bände. Braunschweig, 1888; 8°.

Über helle und trübe, weisse und rothe quergestreifte Musculatur

(I. Mittheilung)

von

Prof. Dr. Ph. Knoll.

(Vorgelegt in der Sitzung am 24. October 1889.)

In einer Abhandlung über Myocarditis und die übrigen Folgen der Vagussection bei Tauben habe ich vor neun Jahren auf das Vorkommen heller und trüber, d. h. an Kölliker's interstitiellen Körnern ärmerer und reicherer Fasern in der Skelettmusculatur der Haustaube aufmerksam gemacht. Im grossen Brustmuskel dieses Thieres fand ich die trüben, in der Musculatur der unteren Extremität die hellen Fasern weitaus überwiegend; die quergestreiften Fasern des Herzens fand ich bei den verschiedensten Thieren ausschliesslich trüb. Die Körnchen selbst stellten sich theils als aus Fett, theils als aus einer chemisch zunächst nicht definirbaren Substanz bestehend heraus, die in ihren Reactionen dem Lecithin ähnelte; zugleich sprach mancherlei für ein Hervorgehen des Fettes aus der letzteren Substanz. Das reichliche Vorhandensein der Körner in den thätigsten Muskeln der Taube, den Flugmuskeln und dem Herzen, verwies auf eine Beziehung derselben zur Function der Musculatur; bei Inanition wurde das Schwinden des Fettes aus der interfibrillären Substanz festgestellt.

Im abgelaufenen Jahre habe ich im Verein mit meinem Assistenten Dr. Hauer die Untersuchung der Veränderungen der interstitiellen oder interfibrillären Körner unter pathologischen Verhältnissen wieder aufgenommen. Inzwischen war das Vorhandensein trüber, quergestreifter Muskelfasern, die wohl zuerst

von Siebold in den Flugmuskeln der Insecten aufgefunden wurden, in den Skeletmuskeln der verschiedensten Thiere durch Grützner nachgewiesen und von diesem die Behauptung aufgestellt worden, dass die trüben Fasern gleich den rothen Muskeln des Kaninchens träg, die hellen gleich den weissen flink reagiren, die ersteren leichter in Tetanus zu bringen seien und dabei eine grössere absolute Kraft entfalten als die letzteren und zugleich, nach der Bildung von Wärme und von Milchsäure ermessen, viel sparsamer arbeiten.

Dass es aber nicht angeht, rothe und trübe Musculatur einander ohne weiters gleichzusetzen und für diese Musculatur ausnahmslos eine träge Zusammenziehung anzunehmen, musste ich schon aus meinen früheren Beobachtungen an der Taube erschliessen, bei der die Flugmuskeln und das ungemein rasch schlagende Herz roth und trüb, die Beinmusculatur dagegen roth und hell gefunden wurde. Die enge Beziehung aber, welche die durch Grützner angeregten Fragen zu der Frage nach der Bedeutung der interstitiellen Körner und des „Sarkoplasma“ überhaupt für die Function der Musculatur haben, veranlassten mich, das Vorkommen der rothen (beziehungsweise analog pigmentirten) und weissen, trüben und hellen Musculatur in der Thierreihe weiter zu verfolgen.

Braungelb und zugleich trüb fand ich im Gegensatze zu der übrigen Musculatur dieser Thiere die Herzmusculatur der Schalenkrebse, deren Fasern einen Mantel von kernreichem, feinkörnigem Sarkoplasma und zahlreiche Körnchen zwischen den Fibrillen besitzen. Röthlichgelb und zugleich trüb ist die Thoraxmusculatur der Dipteren, Neuropteren, Lepidopteren und fliegenden Coleopteren, im Gegensatze zu ihrer übrigen Musculatur, die weiss ist, zum Theil aber auch theils einen Mantel, theils einen axialen Strang von feinkörnigem Sarkoplasma aufweist. Der Schliessmuskel der Lamellibranchiaten enthält weder rothe, noch eigentlich trübe Antheile, wohl aber bei einzelnen Arten, wenigstens bei Pecten, vermengt mit der übrigen glatten Musculatur quergestreifte Fasern, die zum Theil durch eine wie das Sarkoplasma durch Chlorgold sich roth färbende, in Hämatoxylin ungefärbt bleibende Kittsubstanz zu grösseren Bündeln vereinigt werden. Bei gewissen Gastropoden, wie Chiton und Haliotis, ist

die zu dicken Bündeln zusammengefasste Schlundmusculatur im Gegensatze zur Leibesmusculatur tief purpurroth und zugleich durch kleine, zwischen die bei Haliotis quergestreiften Fibrillen eingelagerte, unter Einwirkung von Chlorgold sich färbende Körnchen getrübt. Bei den Cephalopoden ist die quergestreifte Herzmusculatur stark körnig getrübt, die zum Theil doppelt schräg gestreifte Kaumusculatur enthält in der Axe der schräg gestreiften Fasern eine säulenartige, kernhaltige, feinkörnige, unter der Einwirkung von Chlorgold sich färbende Masse.

Bei den Fischen ist in der Regel die Musculatur an der Seitenlinie roth und trüb, und zwar findet sich zumeist neben den Körnchen im Innern der Fasern noch ein Mantel aus körniger, kernhaltiger Masse am Umfang derselben. Bei einzelnen Fischen, die makroskopisch keine rothe Musculatur erkennen lassen, ist mikroskopisch an gewissen Stellen unter der Haut eine dünne Lage körniger, röthlichgelber Fasern zu finden. Roth und trüb ist ferner die Herzmusculatur der Fische und bei Syngnathus und Hippocampus, die beide eine überaus lebhafte Bewegung der Flossen zeigen, sowie bei so manchen anderen Fischen auch die Flossenmusculatur. Das von Rollett beschriebene, eigenthümliche Querschnittsbild der Flossenmusculatur von Hippocampus findet sich an der rothen Musculatur der verschiedensten Fische.

Bei *Triton cristatus* und *Salamandra maculosa* ist die Musculatur der Extremitäten röthlich, jedoch höchstens in einzelnen Fasern ausgeprägt trüb, ebenso die Kehlmusculatur; die Herzmusculatur ist roth und trüb, die übrigen Muskeln sind weiss und hell, doch findet sich auch da an gewissen Stellen unter der Haut eine dünne Lage schmaler, gelblicher Fasern. Bei *Rana temporaria* und *esculenta* sind die Muskeln der Kehlhaut und die Herzmusculatur roth und trüb. In der übrigen Musculatur finden sich mehr oder weniger zahlreich schmale Fasern eingesprengt, die zu Zeiten, und zwar vorzugsweise bei *Esculenta*, ausgesprochen trüb sind. Bei der Süsswasserschildkröte ist die Musculatur an der Wirbelsäule fast durchaus weiss und hell, die übrige Musculatur ist roth und enthält zahlreiche trübe Fasern.

Unter den Vögeln wurden als Beispiele der einzelnen Ordnungen ausser der Haustaube die Hausgans, das Haushuhn, Dohle und Sperling und der Thurmfalke untersucht. Ausgesprochen

weisse und helle Musculatur fand sich dabei bloss beim Huhn an den Brust- und Rückenmuskeln, sowie an den oberen Extremitäten. Im Verhältniss zur Nachbarmusculatur blass erwiesen sich der Sartorius bei Dohle und Sperling und ein Theil des Adductor magnus beim Thurmfalken, sowie des Gastrocnemius beim Huhn. Die Herzmusculatur wurde durchwegs trüb und roth gefunden.

Die Musculatur der Säugethiere ist bekanntlich zumeist roth und enthält, abgesehen von den durchwegs trüben Herzmuskelfasern, gewöhnlich trübe und helle Fasern mit einander vermengt. Doch gibt es auch bei Säugethieren ganz aus trüben Fasern bestehende Skeletmuskeln, so bei der Fledermaus, bei welcher neben Muskeln mit breiteren, trüben, geschlossene Züge von hellen, schmalen Fasern vorkommen. Die Trübung ist in der Regel nicht so stark wie bei den Vögeln oder gar bei den Fischen; auch betrifft sie öfter die breiteren Fasern, während bei den Fischen und Vögeln die trüben Fasern fast durchwegs wesentlich schmaler als die hellen sind. Beim Kaninchen und dem Meerschwein finden sich bekanntlich neben den rothen auch weisse Muskeln, erstere enthalten vorwaltend trübe, letztere vorwaltend helle Fasern, doch stehen die Intensität der Färbung und der Trübung nicht durchwegs im Verhältniss zu einander; so ist insbesondere der intensiv rothe Soleus des Kaninchens hinsichtlich der Körnelung seiner Fasern von dem weissen Adductor magnus dieses Thieres wenig verschieden. Bei jungen Säugethieren ist übrigens die Musculatur blasser als bei alten, wie schon der Vergleich des Kalb- und Lammfleisches mit dem Rind- und Hammelfleische lehrt, und die Trübung der Fasern ist bei denselben weniger intensiv. Auch der Farbenunterschied zwischen weisser und rother Musculatur ist bei jungen Kaninchen weniger ausgesprochen als bei alten. Am reichlichsten vertreten fanden sich die trüben Fasern bei den Säugethieren gewöhnlich im Zwerchfell, den Kaumuskeln und den äusseren Augenmuskeln.

Alles zusammengefasst, ergibt sich, dass die rothe Musculatur bis zu den Vögeln aufwärts nur als Ausnahme in besonderen Muskeln oder Fasergruppen zusammengefasst und zwar vorzugsweise in den am anhaltendsten oder am stärksten in Anspruch genommenen Theilen der Musculatur vorkommt. Die Trübung

der Fasern ist dabei eine sehr beträchtliche, bei den Schalenkrebsen und Fischen und zum Theil auch bei den Insecten nicht bloss durch interfibrilläre Körner, sondern auch durch mantelförmige Umhüllung der Fasern durch körnige Substanz oder einen axialen Strang derselben bedingt. Bis zu den Amphibien aufwärts sind die trüben Fasern zumeist nur auf die rothe oder ähnlich pigmentirte Musculatur beschränkt; bei der Schildkröte und bei Triton, sowie unter Umständen bei Rana, finden sich aber auch in der weissen Musculatur mehr oder weniger stark gekörnelte Fasern. Von den Vögeln aufwärts ist die weisse Musculatur die Ausnahme und nach ihrem Vorkommen an der Brust bei dem nicht fliegenden Huhn, dann den Extremitäten des hockenden Kaninchens zu schliessen, ist dieselbe auf die am wenigsten in Anspruch genommenen Theile der Musculatur beschränkt.

Zu Gunsten des letzteren Schlusses ist noch an die verschiedene Färbung des Fleisches beim zahmen und wilden Schweine, beim Haushuhn und dem wenig fliegenden Fasan den viel fliegenden Feldhühnern gegenüber, sowie die verschiedene Färbung der Extremitäten des Kaninchens dem Feldhasen gegenüber zu verweisen, auf welch' letztere Verschiedenheit, von einem ähnlichen Gedanken ausgehend, schon W. Krause aufmerksam gemacht hat. Auch die intensivere Trübung und Färbung des Fleisches älterer gegenüber jüngeren Thieren ist hier anzuführen.

Allerdings lässt sich gegen diesen Schluss die röthliche Farbe und das Vorhandensein vieler trüber Fasern an der Brustmusculatur der Hausgans geltend machen. Indessen ist beides, namentlich aber die Fasertrübung, an der übrigen Musculatur dieses Thieres doch noch ausgesprochener, auch finden sich im Brustmuskel dieses Thieres viele breite, scharf sich abhebende, helle Fasern, während beim Falken, der Dohle und dem Sperling so ziemlich alle Fasern dieses Muskels gleich reich an Körnchen sind, auffallende Faserunterschiede nicht bestehen. Scharf sich abhebende, helle, wesentlich grössere Fasern finden sich in geringerer Zahl auch im grossen Brustmuskel der Haustaube. Die Untersuchung der wilden Gans und wilden Taube wird lehren müssen, ob das Auftreten dieser hellen Fasern bei den analogen Hausthieren als ein Merkzeichen der Domestication aufzufassen ist.

Ausgehend von dem Nachweise von Oxyhämoglobin in der Schlundmusculatur der Gastropoden hat übrigens Lankester schon vor 18 Jahren den Satz aufgestellt, dass bei den Wirbelthieren die thätigsten und stärksten Muskeln in allen Fällen, und fast alle Muskeln bei den thätigsten und kräftigsten Classen mit Hämoglobin ausgestattet sind.

Dass die Behauptung Grützner's, dass die rothe Musculatur zugleich trüb ist, im Ganzen zutreffend genannt werden muss, geht aus den angeführten Thatsachen hervor, und ist in Bezug hierauf noch anzuführen, dass beim Kalb die Trübung und die Gelbfärbung der trüben Fasern zugleich weniger intensiv ist, als beim Rind. Die früher angeführten Beobachtungen am Soleus des Kaninchens und an der unteren Extremität der Taube lehren aber, dass man in dem Zusammentreffen von Rothfärbung und Trübung der Musculatur kein ausnahmslos geltendes Gesetz erkennen kann. Noch weniger aber lässt sich in dem Zusammentreffen von Rothfärbung der Musculatur und träger Zusammenziehung derselben ein ausnahmslos geltendes Gesetz erblicken; dagegen spricht neben vielem Anderen schon die Rothfärbung der Flugmuskeln der Insecten, die namentlich bei den Schmetterlingen und Libellen eine sehr ausgesprochene ist. Am nächsten liegt die Annahme, dass bei der Muskelthätigkeit im Sarkoplasma und im Hämoglobin der Fasern Umsetzungen stattfinden, die den grösseren Reichthum der am stärksten und ausdauerndsten arbeitenden Muskeln an beiden Substanzen nothwendig machen.

Dass aber ausser dem körnigen Sarkoplasma auch ein homogenes mit gleicher Reaction auf das Chlorgold vorkommt, bedarf wohl kaum einer besonderen Betonung. Auch dieses findet sich in den Fasern in verschiedener Menge, sehr reichlich zum Beispiel in den schmalen Fasern der Skeletmusculatur des Frosches. Bei länger gefangenen, hungernden Fröschen und, wie es scheint, bei diesen Thieren auch unter anderen, noch näher zu ermittelnden Umständen treten dann in diesem Sarkoplasma grobe Körnchen auf, die öfter, wenigstens zum Theile, sich in Osmium schwärzen und eine sehr ausgeprägte Trübung der schmalen Fasern bedingen. Eine intensive Schwärzung ist auch an vielen Körnchen, beziehungsweise Tröpfchen, an der rothen Musculatur vieler Fische, namentlich beim Lachs und Aal, wahrzunehmen, während daselbst

bei der Behandlung mit Chlorgold ein Theil der Körnchen und Tröpfchen gefärbt, ein anderer ungefärbt erscheint. Da aber, wie Biedermann nachwies, das Fett im Sarkoplasma bei Einwirkung des Chlorgoldes in der Regel ungefärbt bleibt, so spricht auch diese Thatsache für die Bildung von Fett aus der eigentlichen Substanz des Sarkoplasmas, beziehungsweise für den Übergang der Körner ohne in jene mit Fettreaction. Als weitere Stütze hiefür ist anzuführen, dass bei der durch Phosphorvergiftung erzeugten Verfettung der Herz- und Brustmusculatur der Haustaube, die unter der Einwirkung der Flemming'schen Lösung sonst nur einen gelblichen Farbenton annehmenden Körnchen in diesen Muskeln sich intensiv schwärzen, während dieselben andererseits bei der Inanition den an ihnen sonst wahrnehmbaren Glanz einbüssen und keinerlei Färbung durch Flemming'sche Lösung wahrnehmen lassen.

Alle diese Beobachtungen zusammengenommen aber sind geeignet, die von mir vor neun Jahren ausgesprochene Muthmassung, dass man es bei dem nicht die Fettreaction gebenden Theile des Sarkoplasmas mit dem eine Vorstufe des Fettes bildenden Lecithin zu thun haben dürfte, zu verstärken, eine Vermuthung, zu Gunsten welcher sich auch der später von Danilevsky erbrachte Nachweis anführen lässt, dass in der von ihm als Gerüstsubstanz bezeichneten Substanz der Musculatur, die sich zum Theile mit der interfibrillären Substanz deckt, grosse Mengen von Lecithin enthalten sind, und dass die (körnchenreiche) Brustmusculatur der Haustaube weit reicher an Gerüstsubstanz und mithin an Lecithin ist, als die (körnchenarme) Musculatur der unteren Extremitäten dieses Thieres.

Hervorzuheben ist übrigens noch, dass bei den verschiedenen Thierclassen und theilweise, wie bei den Fischen, auch bei den verschiedenen Arten die Körnchen, beziehungsweise Tröpfchen, hinsichtlich ihrer Durchmesser sehr wechseln. Auf dem sonst homogen erscheinenden Querschnitte der in Flemming'scher Lösung gehärteten normalen Muskelfaser bilden sie, wie auf dem normalen Querschnitte der frischen Faser, nebst den Kernen das einzige Element der Structurzeichnung. Bei der Einwirkung von einfachen Säuren oder von Goldsäure, bei welcher vorwaltend die fibrilläre Substanz quillt, ebenso unter der schrumpfenden

Einwirkung des Alkohols und der Müller'schen Flüssigkeit vertheilt sich dann das körnige und wahrscheinlich wohl auch das homogene Sarkoplasma zwischen den Muskelsäulchen in Form eines die Cohnheim'schen Felder einschliessenden Balkenwerkes. Die Erscheinungen an der lebend verletzten Faser, wie man sie z. B. an Gefrierschnitten, welche bekanntlich die Cohnheim'schen Felder oft ausgezeichnet darbieten, unter Umständen beobachten kann, lassen es immerhin als möglich erscheinen, dass ähnliche Vorgänge auch bei der Muskelcontraction statthaben und auf die verschiedene Art der Contraction bei sarkoplasmaarmen und sarkoplasmareichen Muskeln Einfluss nehmen. Ein zweites Moment, welches hierauf Einfluss nehmen dürfte, ist die Anordnung der fibrillären Substanz selbst, die unter der Einwirkung von schrumpfenden oder quellenden Reagentien bald in der Form von Fäserchen von verschiedenem Durchmesser, bald wieder, wie bei gewissen Fischen und Insecten, in der Form von Lamellen auftritt, welch' letztere allerdings bei den höchsten Graden der quellenden oder schrumpfenden Wirkung sich oft wieder in Fibrillen auflösen, so dass Fasern von anscheinend sehr verschiedener Structur zuletzt wieder ganz analoge Querschnittsbilder liefern können. Die Menge und Art der Vertheilung des Sarkoplasmas zwischen den Muskelsäulchen aber und die Art der Anordnung der Fibrillen in letzteren bedingt die grossen Verschiedenheiten im Querschnittsbilde der Muskelfaser, wie sie bei der Einwirkung von Säure, Goldsäure, Alkohol und Müller'scher Flüssigkeit gewonnen werden. So unterscheiden sich unter diesen Umständen zum Beispiel die hellen von den trüben Fasern der Haustaube dadurch, dass nur die letzteren ausgeprägte Cohnheim'sche Felder darbieten.

Zu erwähnen ist auch noch, dass die ersteren unter der Einwirkung von Säuren und Alkalien im Verhältniss zu den letzteren stärker quellen, bei der Atrophie nach Nervendurchschneidung und Inanition dagegen sich im Verhältniss erheblicher verkleinern und dass sie bei Polarisation weit stärker glänzen. Der Versuch, durch vergleichende mikroskopische Untersuchung an normalen, strychnisirten und curarisirten Fröschen Einblick in die Bedeutung des Sarkoplasmas für die Muskelthätigkeit zu gewinnen, führte zunächst zu keinem Ergebniss.

Zuletzt muss ich noch hervorheben, dass ich meine Untersuchungen über die hier berührten Fragen selbst noch nicht als abgeschlossen betrachten kann, und dass die Beendigung derselben bei dem grossen Umfange der betreffenden Arbeiten voraussichtlich noch längere Zeit in Anspruch nehmen wird. Die grosse Zahl der zu untersuchenden Thierarten macht es wohl auch begreiflich, dass von so manchen Arten nur je ein Exemplar, von so manchen Ordnungen nur ein Repräsentant untersucht wurde. Die Vervollständigung der Untersuchung in dieser Richtung kann möglicherweise manchen Zusatz zu den gemachten Angaben, manche Einschränkung derselben nothwendig machen. Die Nöthigung zu einer Änderung an den Grundzügen derselben aber glaube ich nicht besorgen zu müssen. Nach Abschluss der betreffenden Arbeiten beabsichtige ich eine eingehendere, mit zahlreichen Abbildungen ausgestattete Darstellung des Gegenstandes an gleicher Stelle zu veröffentlichen.

XXIV. SITZUNG VOM 21. NOVEMBER 1889.

Die k. k. Geographische Gesellschaft in Wien übermittelt eine Einladung zu ihrer ausserordentlichen Versammlung, welche zu Ehren der Afrikaforscher Graf S. Teleki und Linienschiffs-Lieutenant Ritter v. Höhnel am 27. November d. J.

Das ausländische c. M. Herr A. G. Nathorst in Stockholm übersendet eine Abhandlung: „Beiträge zur mesozoischen Flora Japans."

Der Vorsitzende Herr Hofrath Prof. J. Stefan überreicht eine für die Sitzungsberichte bestimmte Abhandlung: „Über die Verdampfung und die Auflösung als Vorgänge der Diffusion."

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Annales géologiques de la Péninsule Balkanique. Dirigées par J. M. Žujović. Tome I. Belgrad, 1889; 8°.

Über die Athembewegungen des Kehlkopfes

(II. Theil.)

Die Wurzelfasern der Kehlkopfnerven

von

Dr. Michael Grossmann.

(Mit 4 Textfiguren.)

Ausgeführt unter Leitung von Prof. Sigmund Exner in Wien.

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. November 1889.)

Die Ergebnisse der im I. Theil[1] unserer Abhandlung geschilderten Versuche haben, wie schon an betreffender Stelle hervorgehoben wurde, unser ursprüngliches Bestreben für die motorische Anregung der einzelnen Muskelgruppen des Larynx den entsprechenden centralen Ursprung kennen zu lernen und genau zu localisiren, nicht gefördert. Wollten wir nun dieses erste Ziel weiter verfolgen, so mussten wir vor Allem trachten, andere und geeignetere Versuchsmethoden ausfindig zu machen.

Wenn man die Medulla oblongata zwischen dem Foramen occipitale magnum und Atlas in grösserem Umfange blosslegt, wie wir dies bei unseren bisherigen Versuchen am Kaninchen geübt und im I. Theile unserer Abhandlung beschrieben haben, so braucht man die Ränder der aufgeschlitzten Dura mater nur etwas anzuspannen und seitlich abzuziehen, um die Ursprungsfasern des N. glosso-pharyngeus, vagus und zum Theile des accessorius Willisii zur Ansicht zu bringen. Man kann bei günstig einfallendem Tageslichte bequem und deutlich sehen, wie eine

[1] Vergl. diese Sitzber. Bd. XCVIII. Abth. III, Jahrg. 1889.

ganze Reihe äusserst zarter Nervenbündelchen — wir zählten zuweilen deren 15 und darüber — seitlich aus dem verlängerten Marke fächerförmig entspringen und convergirend gegen das Foramen jugulare hinziehen.

Allerdings darf die durchsichtige Cerebro-spinal-Flüssigkeit nicht durch einen einzigen Tropfen Blutes getrübt werden, wenn die zarten Wurzelfasern der erwähnten drei Gehirnnerven deutlich durchschimmern sollen.

Wir beabsichtigten nun diese einzelnen Nervenstränge, von denen wir ja wussten, dass sie in gleicher Weise wie beim Menschen die constituirenden Elemente, respective das Wurzelgebiet, des Glosso-pharyngeus- und Vagus-Accessoriusstammes darstellen, experimentell zu prüfen und insbesondere die Frage zur Entscheidung zu bringen: ob und in welcher Beziehung sie zur Innervation des Larynx stehen.

In einer grossen Anzahl von Fällen waren die von der Medulla oblongata fächerförmig ausstrahlenden Nervenbündel deutlich in drei Gruppen getheilt, wie dies auf der rechten Seite der Fig. 1 ersichtlich ist. In ein oberes *a*, mittleres *b* und unteres *c* Bündel. Das oberste Bündel enthält den sogenannten N. glosso-pharyngeus (*g* der Fig. 1), der da als dickeres Stämmchen erkennbar ist. Die physiologischen Eigenschaften dieses dickeren Stämmchens besonders zu prüfen, schien uns kaum ausführbar, da man nie sicher sein konnte, ob nicht schon ein oder zwei Fäserchen kleineren Kalibers an dasselbe angelegt waren. Wir sagen des sogenannten N. glosso-pharyngeus, weil es mit Rücksicht auf die von Andersch und Valentin beschriebenen Anastomosen,[1] welche noch innerhalb der Schädelhöhle zwischen dem N. vagus und dem N. glosso-pharyngeus bestehen sollen, zweifelhaft bleiben muss, ob jenes dickere Stämmchen in der That dem N. glosso-pharyngeus der Peripherie vollkommen entspricht. Das unterste Bündel schliest sich an den aufsteigenden N. accessorius (*r* der Fig. 1) an.

So sehr wir auch gewünscht hätten, die physiologische Bedeutung jeder einzelnen dieser zarten Wurzelfasern für sich zu prüfen, so mussten wir auf eine solche isolirte Prüfung dennoch

---

[1] Vergl. Henle's Anatomie, 2. Auflage, Bd, III, 2, S. 464.

verzichten, da sie einerseits bezüglich ihrer Anzahl und Anordnung viel zu grossen Variationen unterworfen sind und andererseits durch ihre Zartheit und dichte Aneinanderreihung, zuweilen sogar durch ihre Übereinanderlagerung und Kreuzung der Untersuchung kaum zu überwindende technische Schwierigkeiten entgegensetzen.

Doch wenn es auch nicht gelungen ist, jedes der einzelnen Ursprungsbündel auf sein physiologisches Verhalten zu prüfen, — was übrigens schon wegen der anatomischen Variationen von fraglichem Werthe wäre — so dürfen wir doch behaupten gegen jene Autoren, die vor uns an diesem Wurzelgebiete experimentirten, einen nennenswerthen Schritt vorwärts gethan zu haben. Wir danken dieses in erster Linie den vervollkommneten technischen Handgriffen, insbesondere der künstlichen Beleuchtung, die wir anwendeten.

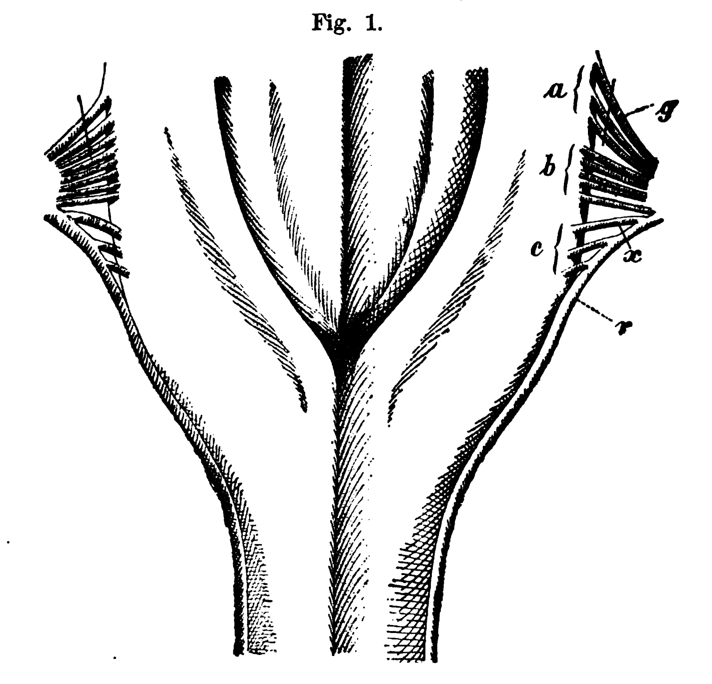
Die Methode, deren wir uns bedienten, war eine zweifache. Wir prüften den Effect erstens der mechanischen Durchtrennung und zweitens der elektrischen Reizung der erwähnten drei Antheile des Glossopharyngeus-Vagus-Accessoriusursprunges.

I. Versuchsreihe. Mechanische Durchtrennung des oberen Nervenbündels.

Es wurde dieselbe Versuchsanordnung beibehalten, wie bei unseren, im ersten Theil unserer Abhandlung geschilderten Experimenten. Vorerst hatten wir den Kehlkopf von seinen Verbindungen nach oben soweit losgelöst, dass wir das Spiel der Stimmbänder bequem und deutlich sehen konnten. Hierauf wurde der Boden des vierten Hirnventrikels blossgelegt, die aufgeschlitzte Dura mater seitlich abgezogen und das obere Bündel mittelst eines feinen Häkchens erst auf der einen, dann nöthigenfalls auch auf der anderen Seite durchtrennt. Dazu war bisweilen nöthig das Hinterhauptsloch etwas zu erweitern. Der Operirende muss den ganzen Nervenursprung vor sich sehen, ehe er die Durchreissung vornimmt; auch diese kann nicht blind ausgeführt werden, sondern wird mit dem Auge controlirt. Um das zu ermöglichen, benützte der Experimentator einen Leiter'schen Reflector mit einem kleinen Glühlämpchen, den er wie eine Cigarrenspitze im Munde hält. So ist es möglich, in die tiefe und

enge Spalte, welche zwischen verlängertem Marke und Knochen liegt, hineinzuleuchten, und mit dem aus einer Nähnadel gebogenem Häckchen eben nur jene Fasern zu durchreissen, deren Durchtrennung man beabsichtigt. Es ist schon desshalb wichtig bei dieser Procedur zu sehen, weil man nach der Durchreissung auch bei der Section häufig nicht mehr im Stande ist, die zarten Stümpfchen aufzufinden. Nachdem nun das Thier abermals in die

Fig. 1.



Beiderseitige Durchtrennung des oberen Nervenbündels *a*.

Rückenlage gebracht war, beobachteten wir den Effect des Eingriffes auf die Athmung und insbesondere auf die Bewegungen der Stimmbänder und der Nasenflügel, während der spontanen und der künstlichen Respiration.

Nach der beiderseitigen Durchtrennung des oberen Nervenbündels, wie dies in Fig. 1 angedeutet ist, konnten wir nun Folgendes beobachten:

D e r T h o r a x, K e h l k o p f u n d N a s e s e t z e n i h r e s p o n t a n e n A t h e m b e w e g u n g e n f o r t, a l l e i n d i e e i n z e l n e n A t h e m z ü g e s i n d v i e l s e l t e n e r u n d t i e f e r; d e r R h y t h m u s

erinnert an jenen nach einer Vagusdurchschneidung. Hiebei machen die Stimmbänder ganz excessive Excursionen. Bei jeder Inspiration gehen die Stimmbänder auf das Maximum auseinander und bei jeder Expiration wird die Stimmritze krampfhaft verengt.

Bei der künstlichen Respiration bleiben die perversen Bewegungen der Stimmbänder und der Nasenflügel aus. Kehlkopf, Nase und auch der Thorax setzen während der künstlichen Respiration ihre spontanen tiefen und seltenen Athemzüge unbehindert fort.

Einen ähnlichen Effect konnten wir zuweilen schon durch eine einseitige Durchtrennung des oberen Nervenbündels erzielen, indem auch jetzt die perversen Stimmbandbewegungen bei der künstlichen Athmung ausblieben; in der Regel aber war nach diesem Eingriffe nur an der correspondirenden Kehlkopfseite die geschilderte Veränderung bestimmt zu beobachten. Überdies befand sich nach einer solchen einseitigen Durchtrennung des oberen Bündels das entsprechende Stimmband in einer ausgesprochenen Abductionsstellung.

Nach diesen Ergebnissen, welche sich in zahlreich wiederholten Versuchen als constant erwiesen, können wir wohl mit Bestimmtheit annehmen, dass in dem oberen Bündel jene Nervenfasern verlaufen. durch welche sich das Spiel der perversen Athembewegungen im Kehlkopfe, Nase und Thorax abwickelt. Wir müssen in diesem Bündel auch das Vorhandensein solcher Fasern annehmen, welche den Athmungsrhythmus in bestimmter Weise zu beeinflussen im Stande sind. Nach der Durchtrennung wurden ja die Athemzüge sofort tiefer und seltener. Ob diese Fasern, mit jenen, die zur perversen Athmung in functioneller Beziehung stehen, identisch sind, lässt sich aus unseren Versuchen mit Sicherheit nicht entscheiden.

Doch scheint es kaum zweifelhaft, dass es sich in beiden Fällen um jene Nervenfasern handelt, welche die Reflexe zu leiten haben, die Hering und Breuer[1] bei ihrer Lehre über die

---

[1] Breuer, J. Dr.: Sitzungsbericht der k. Akademie der Wissenschaften. Novemberheft. Jahrgang 1868.

Selbststeuerung der Athmung durch den Nervus vagus nachgewiesen haben.

Eine jede Inspiration löst bekanntlich, im Sinne dieser Lehre, bei einer gewissen Tiefe reflectorisch eine Exspiration aus, sowie eine jede Ausathmung bei einer bestimmten Grenze Reflexe für die Einathmung abgibt.

Nach der Durchtrennung des oberen Nervenbündels werden, wie wir gesehen haben, die Grenzen, wo diese Reflexe ausgelöst werden in auffallender Weise verschoben. Es erscheint uns also sehr wahrscheinlich, dass in diesem Bündel auch jene Nervenbahnen enthalten sind, welche die erwähnten Reflexe zu leiten haben und dass demnach dieses Versuchsergebnis für die Richtigkeit der Hering-Breuer'schen Lehre eine weitere experimentelle Stütze bietet.

Endlich müssen wir aus dem Ergebnisse dieser Versuchsreihe noch den Schluss ziehen, dass in dem oberen Bündel Nervenfasern verlaufen, welche zum Mindesten einen Theil der Glottisschliesser motorisch innerviren. Nur so ist es ja erklärlich, dass nach der einseitigen Durchtrennung das Stimmband der operirten Seite aus seiner normalen Gleichgewichtslage in eine auffallende Abductionsstellung gelangt. Welchen Kehlkopfnerven diese Fasern angehören, werden die späteren Versuche lehren.

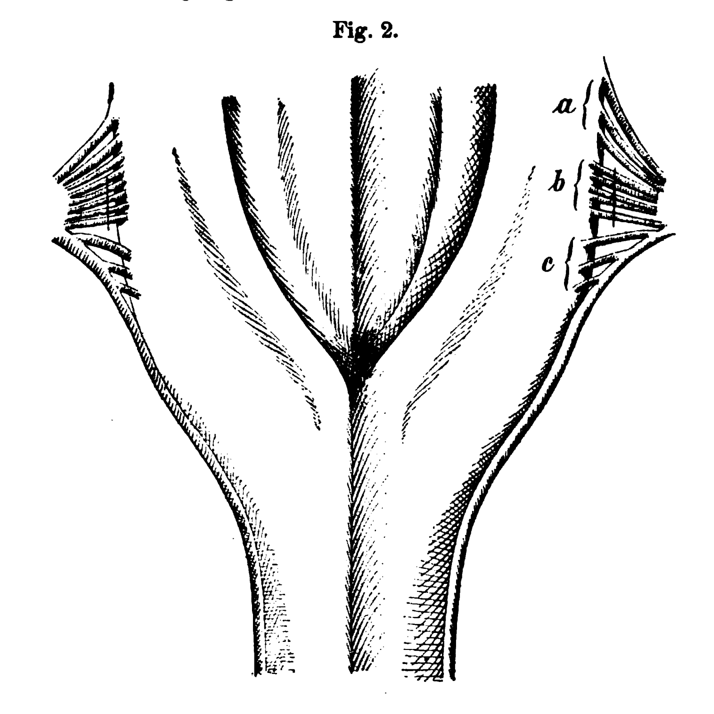
Bei der beiderseitigen Durchtrennung des oberen Bündels ist diese Erscheinung desshalb weniger auffällig, da die excessiven Erweiterungen der Glottis während der Inspiration unmittelbar in den fast vollständigen Verschluss der Stimmritze während der Exspiration übergehen und ungekehrt.

Zur Entscheidung der Frage: ob jene Fasern des oberen Nervenbündels, deren Durchtrennung die perverse Athmung sistirt, dem Vagus oder Glosso-pharyngeus angehören, haben wir in einigen Versuchen den Stamm des letzteren Nerven, nahe seinem Austritte aus der Schädelhöhle durchgeschnitten und ein beträchtliches Stück desselben excidirt. Das Phänomen der perversen Athmung wurde durch diesen Eingriff bei intactem Wurzelgebiete nicht im Mindesten alterirt; es unterliegt demnach keinem Zweifel, dass bei der Art wie wir die Versuche anstellten nur die Nn. vagi die perverse Athmung besorgten, dass wir also im obersten Bündel echte Vagusfasern durchrissen hatten.

II. Versuchsreihe. Mechanische Durchtrennung des mittleren Nervenbündels.

Bei einseitiger Durchtrennung des mittleren Nervenbündels bleibt das Stimmband der operirten Seite bei der spontanen Athmung in mässiger Adductionsstellung ganz unbeweglich, während die Nase, das andere Stimmband und der Thorax ihre Athembewegungen in normaler Weise fortsetzen. Bei der

Fig. 2.



Beiderseitige Durchtrennung des mittleren Nervenbündels *b*.

künstlichen Respiration treten perverse Bewegungen nicht allein in der Nase, sondern auch in beiden Stimmbändern auf.

Wird das mittlere Nervenbündel beiderseitig durchtrennt, wie dies Figur 2 zeigt, dann sehen wir eine spontane Athmung nur noch im Thorax und in der Nase, während beide Stimmbänder in mässiger Adductionsstellung stille stehen. Bei der künstlichen Respiration setzt die perverse Athmung sowohl in Nase, wie im Kehlkopfe prompt ein.

Aus diesem Versuchsergebnisse folgt: dass die meisten Muskeln des Kehlkopfes ihre motorische Anregung aus dem mittleren Nervenbündel empfangen und dass insbesondere auch der M. crico-arytaenoideus posticus von da aus innervirt wird.

Für Letzteres spricht die Adductionsstellung nach der Durchtrennung.

III. Versuchsreihe. Mechanische Durchtrennung des unteren Nervenbündels.

In einer Reihe von Versuchen wurde bloss das, allem Anscheine nach aus den obersten Querfasern des N. accessorius bestehende Bündel *c* erst auf der einen, dann auf beiden Seiten durchtrennt.

In einer weiteren Reihe von Versuchen haben wir nebst diesem Eingriffe gleichzeitig auch noch den N. accessorius unmittelbar vor seinem Eintritt in das Foramen jugulare durchgerissen.

Endlich haben wir in vielen Fällen ausser der Durchtrennung des Nervenbündels *c* vom N. accessorius ein möglichst langes Stück ganz excidirt.

Diese drei Eingriffsarten sind in Figur 3 eingezeichnet.

Nach allen diesen Eingriffen blieb die spontane wie perverse Athmung in Nase, Kehlkopf und Thorax unverändert.

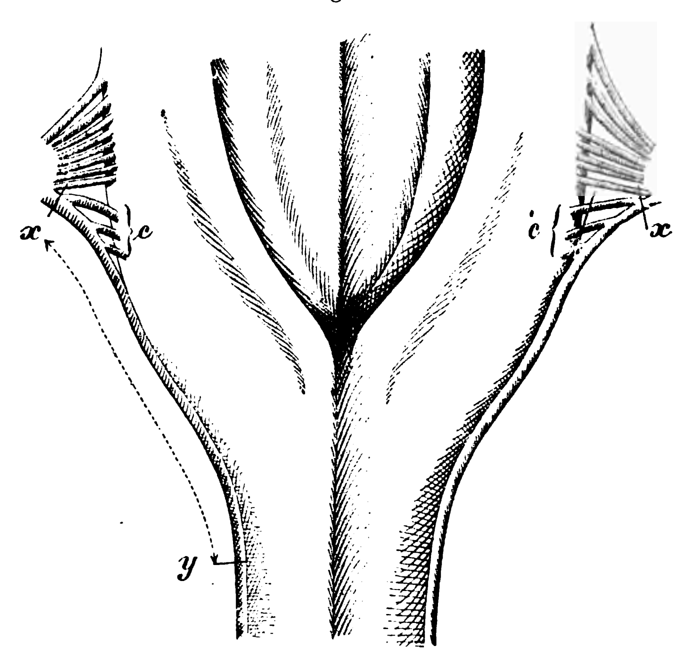
Die Stimmbänder erschienen in einigen Fällen allerdings etwas stärker abducirt; doch konnte diese Erscheinung nicht jedes Mal constatirt werden.

Mit Bestimmtheit war nur ein Ausfall der Athembewegungen an äusseren Nackenmuskeln festzustellen.

Wir haben schon oben hervorgehoben, dass die von der Medulla oblongata fächerförmig ausstrahlenden Wurzelfasern bei einer grossen Anzahl von Kaninchen ganz deutlich in drei Bündeln abgetheilt erscheinen. Überall, wo wir diese Anordnung vorgefunden haben, waren auch die Ergebnisse der bisher geschilderten drei Versuchsreihen constant. In jenen Fällen hingegen, wo dieser Fächer keine solchen abgesonderten Bündel bildeten,

gestaltete sich schon die Durchführung der bisherigen Versuchsanordnung, — bald das eine, bald das andere Nervenbündel en masse mechanisch zu durchtrennen — begreiflicherweise äusserst schwierig. Ohne Anhaltspunkte, wo die Grenze des einen Bündels aufhört und die des andern beginnt, waren wir bei unseren experimentellen Eingriffen allzusehr dem Zufall überlassen.


Fig. 3.



Rechts: Durchtrennung des unteren Bündels c und des Accessorius-Stammes vor seinem Eintritt in das Foramen jugulare (x).
Links: Durchtrennung des unteren Bündels c und Excision des Accessorius in der Ausdehnung von x bis y.

Dem entsprechend musste auch das Ergebniss oft unklar und widerspruchsvoll erscheinen. Wir hatten dann immer mit der Complication zu kämpfen, dass wir entweder einzelne Fasern des zu durchtrennenden Bündels stehen gelassen oder bereits einzelne Fäserchen des Nachbarbündels angegriffen hatten. Diese Complication war in den Fällen geradezu unvermeidlich, wo die einzelnen Fasern der verschiedenen Bündel übereinander und gekreuzt verliefen.

Die Necroscopie, die wir jedem Versuche folgen liessen, vermochte uns unter solchen Umständen das scheinbar widerspruchsvolle Ergebniss auch nicht in klarer und befriedigender Weise aufzuklären. Die äusserst subtilen Dinge, um die es sich hier handelt, stellen auch der anatomischen Präparation nur schwer zu bewältigende technische Schwierigkeiten entgegen. Es kann nur zu leicht geschehen, dass man bei der Section einzelne bis dahin unversehrte Nervenfasern abreisst und man muss darauf gefasst sein, dass man selbst bei vollständig gelungener Präparation ausser Stande ist zu bestimmen wie viele und welchem Nervenbündel angehörende Nervenfasern beim Experimente durchtrennt wurden.

Für jene Fälle also, wo die in Rede stehenden fächerförmigen Wurzelfasern nicht in deutlich abgegrenzten Bündeln gruppirt erschienen, war die Durchtrennungsmethode nicht besonders geeignet. Doch haben wir auch in diesen Fällen niemals Resultate erhalten, welche den eben ausgesprochenen Sätzen widersprachen. Es muss noch Folgendes hervorgehoben werden. In dreien von den fünfzehn Versuchen, in denen wir theils einseitig theils beiderseits das Bündelchen *c* und den N. accessorius ganz oder zum Theil ausrissen, kam es vor, dass die perversen Athmungen bei künstlicher Respiration sowohl im Kehlkopf als auch in der Nase ausblieben. Bei Operationen am mittleren Bündelchen *b* waren sie nie ausgeblieben. Nun waren freilich die Thiere tief narcotisirt, und es scheint insbesondere die Äthernarcose die Centren für den hier in Betracht kommenden Hering-Breuer'schen Reflex stark zu schädigen. Es ist aber andererseits doch möglich, dass ein kleinerer Antheil jener regulatorischen Fasern, deren Hauptmasse durch das oberste Bündel (*a*) verläuft, seinen Weg durch das untere nimmt. Ferner erhellt aus der genaueren Durchsicht unserer Versuchsprotocolle, dass das oberste der drei Stämmchen, aus denen in unserer Zeichnung das Bündel *c* besteht, nach seinem functionellen Verhalten eine wechselnde Stellung einnimmt, indem es bald dem Bündel *b* zuzurechnen ist, bald auch nicht. Es zeigt dessen Durchtrennung nämlich bisweilen einen Einfluss auf Stellung und Bewegung des Stimmbandes.

Die zweite Methode, die wir bei unserer Untersuchung theils zur Controle, theils zur Ergänzung der Ergebnisse der Durchtrennungsversuche anwendeten, die elektrische Reizung, wurde folgendermassen ausgeführt. Von den beiden Elektroden eines Schlitteninductoriums wurde die eine mit dem Maulkorb des Kaninchenhalters in Verbindung gesetzt, die andere endete in einen haarfeinen Plattindraht, der, in eine Glasröhre eingeschmolzen, nur mit dem Ende hervorsah. Mit diesem Ende berührte der Experimentator, der natürlich wieder mit dem Beleuchtungsapparat ausgerüstet war, die einzelnen Nervenstämmchen.

Selbstverständlich wurde mit den schwächsten Strömen gereizt, die am Kehlkopf überhaupt einen Effect zeigten. Trotz der nahe liegenden Möglichkeiten zu Täuschungen, welche durch Stromschleifen bedingt sein könnten, gelang es uns auf diesem Wege, indem wir den Erfolg von Reizung benachbarter Wurzelstämmchen verglichen, die drei obengenannten Bündelchen noch in Unterabtheilungen zu zerfällen. Auch erschien uns mit der Reizung der grosse Vortheil verbunden, dass der einzelne Eingriff beliebig oft wiederholt, somit die Constanz der Wirkungen klar und sicher controlirt, der Reizungseffect der einen Faser mit jenem der anderen durch häufige Alternirung verglichen und auch auf diesem Wege klargestellt werden konnte.

IV. Versuchsreihe. Reizung der drei Nervenbündel.

Nachdem der Kehlkopf und die Wurzelfasern des 9., 10. und 11. Gehirnnervenpaares in der oben geschilderten Weise blossgelegt worden waren, wurde das Versuchsthier in die Seitenlage gebracht, die Stimmritze durch das einfallende Tageslicht, die drei Nervenbündel hingegen mit Hilfe jenes bereits erwähnten Reflectors elektrisch beleuchtet. Die Thiere waren in der Mehrzahl der Fälle narcotisirt, bald durch Morphin, bald durch Urethan, Choralrathyd oder Schwefeläther. Das Versuchsergebniss blieb sich gleich, ob wir mit oder ohne Narcose arbeiteten.

Es ist selbstverständlich, dass bei der Durchführung dieser Versuche mindestens zwei Personen mitwirken müssen. Der eine

hat permanent die Bewegungen der Stimmbänder zu beobachten, während der andere die Reizung besorgt.

Es wurde nun zuerst das obere Nervenbündel (*a*) elektrisch gereizt. Hierauf folgte, gleichviel, ob der Reiz die obersten, mittleren oder die untersten Fasern dieses Nervenbündels traf, Contraction des M. crico-thyreoideus und Verschluss[1] der Stimmritze.

Dieses Ergebniss war in den zahlreichen Versuchen, die wir angestellt haben, constant.

Es wurde nun die oberste Faser des mittleren Bündels (*b*) gereizt.

Hierauf folgte ein weites Öffnen der Glottis.

Wir waren also bei derartigen Versuchen im Stande, die Stimmritze nach Belieben zu schliessen oder zu öffnen, je nachdem das obere oder mittlere Bündel gereizt wurde; so dass derjenige, der die elektrische Reizung besorgte, in der Lage war, genau anzugeben, ob sich die Glottis nun schliesst oder öffnet und derjenige, der die Stimmbandbewegungen verfolgte, ob das obere oder mittlere Nervenbündel gereizt wurde.

Wir versuchten nun einzelne Fasern aus der Mitte dieses Bündels zu reizen und es gelang uns in mehreren Fällen eine isolirte energische Contraction des Stimmbandmuskels mit aller Bestimmtheit auszulösen.

In anderen Fällen hatte die isolirte Reizung eines einzelnen Stämmchens aus der Mitte dieses Bündels bloss ein Einwärtsrücken des Processus vocalis gegen die Mittellinie zur Folge.

Hatten wir nur die untersten Fasern des mittleren Bündels gereizt, so erfolgte ein energischer Verschluss der Glottis.

Reizung des unteren Nervenbündels (*c*) löste in der Regel nur Contractionen der Hals- und Nackenmusculatur, insbesondere des M. sternocleido-mastoideus und des M. cucullaris aus.

---

[1] Unter „Verschluss der Stimmritze“ ist hier und im Folgenden, wenn von einseitiger Reizung die Rede ist, immer eine Bewegung gemeint, die, wenn sie doppelseitig wäre, zum Verschluss der Stimmritze führen würde.

Die Zerfällung des mittleren Bündels (*b*) in verschieden fungirende Stämmchen gelingt nicht jedesmal; es sind daran offenbar individuelle Verschiedenheiten schuld, sei es dass die einem Muskel angehörigen Fasern bei verschiedenen Thieren auf verschiedene Stämmchen vertheilt sind, sei es dass die anatomische Lagerung der Stämmchen bei einem Individuum leichter, bei anderer schweren die isolirte Reizung gestattet. Auch zeigt sich hier wieder das oberste Stämmchen des Bündels *c* als inconstant in seinen Functionen. Seine Reizung bewirkt bei manchen Thieren noch eine Bewegung im Kehlkopfe, bei anderen nicht.

Wie dem immer sei, aus diesen Versuchsergebnissen glauben wir folgern zu dürfen, dass im oberen Bündel der motorische Nerv für den M. crico-thyreoideus verläuft, und das mittlere Bündel die motorische Innervation aller anderen Kehlkopfmuskeln versorgt. Für den M. cricoarytaenoideus prosticus (Öffnen der Glottis), für den thyreo-arytaenoideus (Spannung und Vibration des Stimmbandes), sowie für den crico-arytaenoideus lateralis (Einwärtsrücken des Processus vocalis) glauben wir das aus dem Reizeffect erschliessen zu dürfen. Es darf demnach mit grösster Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass auch die übrigen Kehlkopfmuskeln aus dem mitteren Bündel ihre motorischen Nerven beziehen.

Das untere Bündel führt bloss motorische Fasern für Hals- und Nackenmuskeln, abgesehen von dem im Stämmchen *x* (Fig. 1) bisweilen vorkommenden, aus dem Bündel *b* dahin versprengten Kehlkopffasern.

V. Versuchsreihe. Reizung der drei Nervenbündel nach Durchschneidung der einzelnen peripheren Kehlkopfnerven.

Nach dem Ergebnisse unserer Durchtrennungs- und Reizungsversuche waren wir wohl schon in der Lage mit einiger Bestimmtheit anzugeben, wo die Ursprungsfasern für die einzelnen peripheren Kehlkopfnerven zu suchen seien. Nichtsdesto-

weniger haben wir diese Frage noch einer directen experimentellen Prüfung und somit gewissermassen einer Gegenprobe unterzogen.

Die Reizung des oberen Nervenbündels *a* löst, wie wir bereits angegeben haben, Contraction des M. crico-thyreoideus und Verschluss der Stimmritze aus. Dieser Verschluss kann die Folge der Contraction jenes Muskels sein, es könnte sich dabei aber auch der M. crico-arytaenoideus lat. betheiligen. Letzterer wird bekanntlich vom N. laryngeus infer. motorisch innervirt.

Es wurde also erst der N. laryngeus infer. derselben Seite durchschnitten, und das Bündel abermals gereizt.

Der Effect blieb ganz derselbe, wie vor der Durchtrennung des N. recurrens. Es erfolgte prompt die energische Contraction des M. crico-thyreoideus und Verschluss der Stimmritze.

Hierauf wurde der N. laryngeus superior durchschnitten.

Die Reizung des oberen Nervenbündels *hat nur mehr eine schwache Contraction des M. crico-thyreoideus und einen unvollkommenen Verschluss der Stimmritze zur Folge.*

Endlich wurde der N. laryngeus medius durchtrennt, worauf *die Reizung des Nervenbündels ganz effectlos blieb.*

An diesem Ergebnisse wurde nichts geändert, wenn wir nach Durchschneidung des N. recurrens erst den N. laryngeus medius und dann den N. laryngeus superior durchtrennten.

Die Ausschaltung nur des einen dieser beiden Nerven hat bei der Reizung bloss eine *Abschwächung* der Contractionen im M. crico-thyreoideus zur Folge; erst wenn beide Nerven durchschnitten wurden, blieben die Contractionen vollständig aus.

Es unterliegt demnach gar keinem Zweifel, dass *diese beiden Kehlkopfnerven ihren Ursprung im oberen Bündel a haben.*

Diese Versuche liefern überdies noch den, wenn auch heute schon kaum mehr nöthigen Beweis, dass der M. crico-thyreoideus nicht allein von N. laryngeus superior, sondern auch, wie

Exner[1] nachgewiesen hat, thatsächlich vom N. laryngeus medius innervirt wird.[2]

Wird das mittlere Nervenbündel in toto gereizt, so erfolgt in der Regel eine energische Adduction des Stimmbandes. Bei anatomisch-günstiger Anordnung gelingt es, wie wir oben constatirt haben, durch isolirte Reizung der einzelnen Fasern dieses Bündels, bald eine Contraction des M. crico-arytaenoideus posticus, bald des M. thyreo-arytaenoideus oder des M. crico-arytaenoideus lateralis auszulösen.

Es wurde nun der N. laryngeus superior und dann der N. laryngeus medius oder beide Nerven nur in umgekehrter Reihenfolge durchtrennt.

Der Reizeffect des mittleren Bündels erlitt dadurch nicht die geringste Veränderung.

Nun wurde auch der N. laryngeus inferior durchschnitten.

Hierauf blieb jedweder Effect der elektrischen Reizung des mittleren Bündels auf das Stimmband aus.

Dieselbe Unbeweglichkeit des Stimmbandes auf Reizung des mittleren Bündels trat auch dann auf, wenn wir bloss den N. laryngeus inferior durchtrennt hatten und die beiden anderen Kehlkopfnerven intact blieben.

Die Wurzelfasern des N. laryngeus inferior befinden sich demnach, und zwar für die Abductoren und Adductoren gewöhnlich getrennt, im mittleren Bündel.

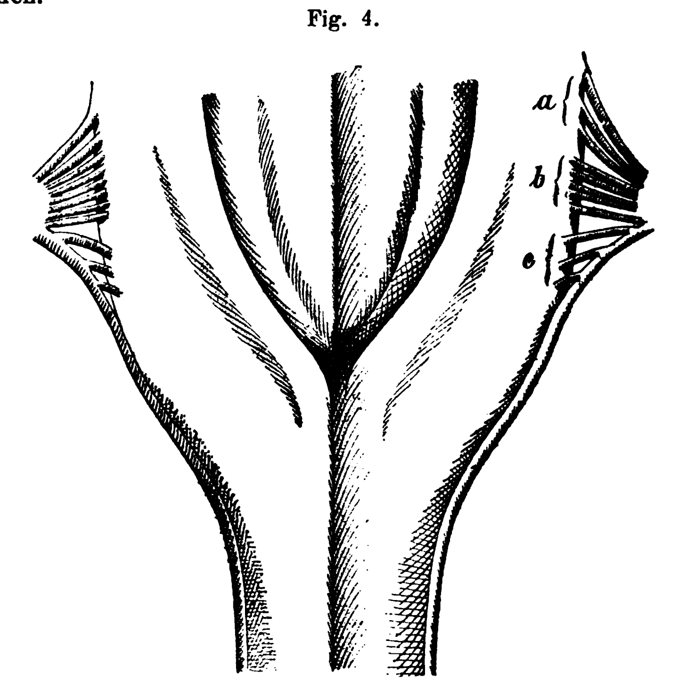
---

[1] Exner, diese Sitzber. LXXXIX., Abth. 3. 1884.

[2] Wir haben uns bei dieser Gelegenheit durch Reizversuche überzeugt, dass die ältere Angabe Exner's, der zu Folge die m. m. interarytaenoidei auch vom N. laryngeus sup. innervirt werden, dahin richtig zu stellen sei, dass diese Innervation zwar vorhanden ist, da diese Muskeln nach der Durchschneidung des genannten Nerven degeneriren, die Fasern desselben auch in diese Muskeln eindringen, diese Innervation aber keine motorische ist, wie diess Exner selbst schon auf Grund unserer Versuche kurz bemerkt hat (Centrbl. f. Physiologie 1888, S. 629). Wir haben nämlich bei Kaninchen und Hunden die Giessbeckenknorpel und die zwischen ihnen gelegenen Muskeln von den übrigen Theilen des Kehlkopfes so vollkommen isolirt als möglich, aber mit dem oberen und unteren Kehlkopfnerven in Verbindung gelassen. Es löst dann nur die Reizung des unteren eine Bewegung aus.

Fig. 4 soll als kurze Erläuterung und übersichtliche Wiederholung der soeben geschilderten Versuche und deren Resultate dienen.

Fig. 4.



Reizung des oberen Nervenbündels *a*: Contraction des M. cricothyreoideus, Verschluss der Stimmritze.

Dieser Effect bleibt unverändert nach Durchschneidung des N. laryngeus inferior, wird aber bedeutend abgeschwächt nach Durchschneidung des N. laryngeus superior und bleibt ganz weg, wenn auch noch der N. laryngeus medius durchschnitten wird.

Reizung des mittleren Nervenbündels *b* in toto: Energischer Verschluss der Stimmritze.

(Das Weitere siehen oben.) Nach Durchschneidung des N. laryngeus superior und medius bleibt dieser Reizungseffect unverändert; nach Durchtrennung des N. laryngeus inferior fällt dieser Effect ganz weg.

Reizung des unteren Nervenbündels *c*: Contraction von Nackenmuskeln.

Dieser Effect bleibt unverändert fortbestehen, wenn auch alle drei Kehlkopfnerven durchschnitten werden.

Wenn wir nun die Ergebnisse der im II. Theile unserer Abhandlung geschilderten Versuche nochmals resumiren sollen, so glauben wir dieselben in folgende Sätze zusammenfassen zu dürfen:

1. **Der N. laryngeus superior und medius entspringen aus den obersten Wurzelfasern.**

2. **Der N. laryngeus inferior bezieht seine Wurzelfasern aus dem mittleren Nervenbündel.**

3. **Da in diesem mittleren Nervenbündel häufig isolirte Fasern für die motorische Innervation des M. crico-arytaenoideus posticus, des M. thyreo-arytaenoideus und des M. crico-arytaenoideus lateralis nachgewiesen werden können, ist es sehr wahrscheinlich, dass dieses Nervenbündel auch für alle anderen, vom N. recurrens versehene Muskeln, eigene motorische Nerven enthalte.**

4. **Das unterste Nervenbündel führt Fasern zu den Nackenmuskeln; nur das oberste Stämmchen desselben gehört bisweilen noch, wenigstens zum Theile, den Kehlkopfnerven an.**

5. **Im oberen Bündel verlaufen auch Nervenfasern, welche bei der künstlichen Respiration diejenigen Reflexe zu leiten haben, welche die perversen Athembewegungen bedingen und deren Durchtrennung die Athmung verlangsamt und vertieft (Hering-Breuer'sche Fasern).**

Da die vorstehenden Versuche ergeben haben, dass bloss die beiden oberen Bündeln *a*, *b* des Glosso-pharyngeus, Vagus-Accessorius-Ursprungs immer mit dem Kehlkopf in Beziehung stehen, so kann man dieselben die Kehlkopfbündel nennen, und da aus dem obersten (*a*) nur die beiden oberen Kehlkopfnerven, aus dem unteren (*b*) derselben nur der untere Kehlkopfnerv ihre Fasern beziehen, so kann man das erstere Bündel als das **obere Kehlkopfbündel**, das letztere als das **untere Kehlkopfbündel** bezeichnen.

Historische Bemerkungen.

Experimentelle Studien an dem oberen Theil des Glossopharyngeus-Vagus-Accessorius Ursprunges sind uns nicht bekannt geworden.

Unsere Versuchsergebnisse der Durchtrennung oder der elektrischen Reizung des unteren Bündels und des aufsteigenden Accessoriusstammes stehen im Einklange mit manchen Resultaten, die frühere Forscher bei der experimentellen Prüfung der Abhängigkeit der Kehlkopfmuskeln vom N. accessorius oder der Beziehung dieses Nerven zum Vagus erzielt haben.

Thomas Willis[1] liess bekanntlich den von ihm im Jahre 1666 zuerst beschriebenen und später nach ihm benannten XI Hirnnerven bloss von der Med. spinalis entspringen und hauptsächlich die motorische Innervation der Nackenmuskeln besorgen.

Mehr als ein Jahrhundert stand diese Lehre unangefochten da, bis Scarpa[2] im Jahre 1787 mit der Behauptung hervortrat, dass der N. accessorius nicht allein aus der Med. spinalis, sondern auch aus dem verlängerten Marke seine Wurzelfasern beziehe, dass diese alle zusammen im Foramen jugulare sich vereinigen, dann wieder in einen äusseren und inneren Ast sich auflösen und endlich, dass dieser letztere Ast mit dem N. vagus zu einem gemeinschaftlichen Stamme verschmelze.

Es wurde nun über die Beziehung des N. accessorius zum Vagus viel gestritten und namentlich in Beginne unseres Jahrhundertes eine lebhafte und andauernde Discussion darüber geführt, welcher von beiden Nerven, den vom gemeinschaftlichen Stamme innervirten Organen die motorischen Elemente zuführe.

Im Jahre 1832 gab Bischoff[3] der Ansicht Ausdruck, dass das Bell'sche Gesetz, nach welchem die Spinalnerven aus einer vorderen motorischen und einer hinteren sensiblen Wurzel zusammengesetzt werden, auch für den Vagus-accessorius seine

[1] Thomas Willis, (Cerebr. Anatome. Amsterdam 1666. Cap. 23).

[2] Scarpa, Abhandlung über den Beynerven. Wien 1787. B. I. Seite 394.

[3] Bischoff, Nervi accessorii Willisii anatomia et physiologia. Darmstadtii 1832, pag. 95.

volle Giltigkeit habe und dass dem Vagus die Bedeutung der sensiblen, dem Accessorius die der motorischen Wurzel zukomme. Die Kehlkopfmuskeln werden demnach von jenem inneren Aste des Accessorius motorisch innervirt, der die schon von Scarpa angegebene Anastomose mit dem Vagus eingeht.

Bischoff suchte diese Angaben auch experimentell zu stützen, indem er einer Ziege nach Eröffnung der Halswirbelsäule — bei unversebrt erhaltenem Vagus — sämmtliche Wurzeln des Accessorius durchschnitt und auf diese Weise eine Lähmung der gesammten Kehlkopfmuskeln hervorrief. Die Ziege wurde durch diese Operation in so hohem Grade aphonisch, dass sie nur einen Laut zu produciren vermochte, der, wie Bischoff sich ausdrückt: „Neutiquam vox appellari potuit“, keineswegs als Stimme bezeichnet werden konnte.

Longet,[1] der dieses Experiment mit gleichem Erfolge wiederholte, konnte beim Hunde durch Galvanisation der Accessoriuswurzeln, Zuckungen im Kehlkopfe und Pharynx hervorrufen, nicht aber durch Galvanisation des Vagus.

Die Lehre Bischoff's fand in Bernard, Müller und Magendie entschiedene Gegner.

Die Opposition Bernard's,[2] wurde später, als er die Versuche in der Weise vornahm, dass er den Accessorius im Foramen jugulare ausriss, allerdings wesentlich eingeschränkt. Auf Grund dieser Experimente betrachtet er diesen Nerven als den Verengerungs-, respective Stimmnerven, den Vagus als den Erweiterungs-, respective Respirationsnerven.

Diese Angaben Bernard's wurden von Schiff[3] im grossen Ganzen bestätigt, er glaubte aber, dass Stimme und Athmung ihre motorische Innervation ausschliesslich vom Accessorius empfangen.

---

[1] Longet, Recherches experimentelles sur les fonctions des nerfs, des muscles du larynx etc. Paris 1841.

[2] Bernard, Leçons zur la physiologie et pathologie du Système nerveux. T. II.

[3] Schiff, Lehrbuch der Muskel- und Nervenphysiologie, Lahr, 1858—59.

Auch Heidenhain[1] erzielte Lähmung aller Kehlkopfmuskeln nach Ausreissen des Accessorius beim Kaninchen nach der Methode von Bernard, gleichwie die Versuche von Schech,[2] der in derselben Weise experimentirte, zu dem Ergebnisse führten: „dass es der Accessorius ist, welcher den Kehlkopfnerven motorische Fasern zuführt.“

Die Frage von der Betheiligung des Accessorius an der Innervation des Kehlkopfes suchte Burchard[3] unter Heidenhain's Leitung, nach einer anderen von den bisherigen ganz verschiedenen Methode zu lösen. Nachdem er den Accessorius nach der Angabe von Bernard ausgerissen hatte, prüfte er den Degenerationsprocess in den verschiedenen Zweigen des Vagus-Accessoriusstammes.

Seine mikroskopischen Untersuchungen ergaben nun, dass der N. pharyngeus fast vollständig, der N. laryngeus superior nur zum Theil und auch nur in seinem Äusseren den M. cricothyreoideus innervirenden Aste, der N. laryngeus inferior hingegen, sowie die Rami cardiaci vollkommen degenerirt waren.

So vielseitige Anerkennung und Bestätigung die Lehre Bischoff's auch gefunden hat, so vermochte sie es dennoch bis zur Stunde nicht sich allgemeine Geltung zu verschaffen.

Ihr Siegeslauf wurde namentlich durch den entschiedenen Widerspruch Volkmann's[4] aufgehalten. Bei Hunden, denen er die Accessorii durchschnitten hatte, fand er durchaus keine Veränderung in der Beweglichkeit der Glottis und hält demnach den Vagus für den ausschliesslichen motorischen Nerven des Kehlkopfes.

Ebenso decidirt spricht sich Van Kempen[5] für den Vagus aus, der nach seinem Dafürhalten für sich allein und nicht erst

---

[1] Heidenhain, Studien aus dem physiologischen Institute zu Breslau 1865, Heft III.

[2] Schech, Experimentelle Untersuchungen über die Functionen der Nerven und Muskeln des Kehlkopfes. Zeitschrift für Biologie, B. IX, 1873, pag. 258.

[3] Burchard, Verlauf des Acc. Willissii im Vagus. Dissert. Halle 1867.

[4] Volkmann, Handwörterbuch der Physiologie B. II. S. 585 u. 589.

[5] Van Kempen, Über die Function der Wurzeln des N. Vagus und accessorius. Schmidt's Jahrbuch, B. 120, S. 32.

durch die Verschmelzung mit dem Accessorius motorische Fasern führt. Nach mechanischer Reizung der Wurzeln des Vagus, wo er die ihm von Longet vorgeworfenen Stromschleifen vermeiden konnte, sah er Contractionen in den Musc. constr. pharyngis, den Muskeln des Kehlkopfes und des Oesophagus eintreten und behauptet, dass die Wurzeln des Accessorius sensible Fasern enthielten, welche dem Vagus beigemischt durch Reflexaction eine Bewegung in den vom Vagus innervirten Muskeln hervorrufen könnten, dass aber der Accessorius nur für den M. sterno-cleido-mastoideus und den Cucullaris motorische Fasern führe.

Auf Grund von anatomischen Untersuchungen bezweifelt Stilling,[1] dass der Ramus internus N. accessorii motorischer Natur sei. Nur die unteren Wurzelfasern, welchè aus dem vorderen Horn kommen, hält er für motorisch, während er in den oberen nur Empfindungsnerven erblickt.

Holl[2] vertheidigt die alte Wills'sche Anschauung und fasst seine Ansicht in Folgendem zusammen: „Wenn man den Ursprung des Beynerven genau betrachtet, so ist leicht ersichtlich, dass er in zwei Portionen, eine obere und eine untere geschieden werden kann. Die obere Portion (Ramus internus) erhält ihre Fasern aus der M. oblongata, während sie die untere nur von der M. spinalis bezieht. Der Ramus internus ist ein Hirnnerv und zwar ein Theil des N. Vagus; er stimmt anatomisch und physiologisch betrachtet mit demselben überein, seine Ursprungsfäden sind identisch mit denen des Vagus.“

Einer gleichen Auffassung begegnen wir auch bei Schwalbe[3] und Gegenbaur.[4] Man muss, im Sinne dieser Autoren, den aus dem Halsmarke entspringenden Theil, von dem der M. oblongata entstammenden trennen. Letzterer ist nichts weiter als ein Theil des Vagus und geht auch als Ramus internus vollständig in die Bahn des Vagus über.

---

[1] Stilling u. Wallach, Untersuchungen über den Bau des Nervensystems, Erlangen 1843, 2 Heft.

[2] Holl, Über den N. accessorius Willisii. Arch. für Anatomie und Physiologie, Leipzig 1878.

[3] Schwalbe, Lehrbuch der Neurologie, Erlangen 1881.

[4] Gegenbaur, Lehrbuch der Anatomie des Menschen, Leipzig 1855, S. 880—884.

Es fehlt aber auch unter den Anatomen nicht an Stimmen, die mit Entschiedenheit dagegen protestiren, den Ramus internus als einen integrirenden Bestandtheil des Vagus hinzustellen. Ich nenne bloss Clarke,[1] Stieda,[2] Roller.[3]

Darkschewitsch[4] hebt ausdrücklich hervor: „Wir vermochten stets die Wurzeln des Accessorius bis zu einer Höhe zu verfolgen, wo die Zellenanhäufung des hinteren Vaguskerns deutlich hervorzutreten beginnt, was ungefähr dem unteren Dritttheil der Oliven entspricht.“

Wenn wir die kurz gefasste Recapitulation der Angaben früherer Forscher über die Beziehung des Accessorius zur Larynxinnervation zusammenfassen, so ergibt sich, dass die Anschauungen wesentlich divergiren, je nachdem dieser Nerv peripher am foramen jugulare, oder aber central, zwischen Atlas und Hinterhaupt durchgerissen wurde.

Nach ersterem Eingriffe folgte Lähmung der Kehlkopfmuskeln, während die Durchtrennung der centralen Ursprungsfasern dieses Nerven die Musculatur des Larynx intact liess und nur den M. sterno-cleido-mastoideus und den Cucullaris lahm legte.

Die eine Partei vertritt nun die Ansicht, dass bei der peripheren Ausreissung des Accessorius, nach der Methode von Bernard, auch Vagusfasern mit verletzt werden und die Folgezustände somit nicht ausschliesslich der Durchtrennung des ersteren Nerven zugeschrieben werden können, die andere Partei hingegen glaubt, dass der negative Erfolg bei der Durchreissung der centralen Wurzelfasern des Accessorius nur darauf zurückzuführen sei, dass nicht sämmtliche diesem Nerven zugehörige Wurzeln durchgerissen wurden.

Thatsächlich konnte Bischoff nach Durchtrennung der centralen Wurzelfasern bei der Ziege nicht sofort Aphonie er-

---

[1] Clarke, Researches into the structure of the Spinal Chord. Phil. transactions, London 1851.

[2] Stieda, Über den Ursprung der spinalartigen Hirnnerven, Dorpat med. Zeitschr. 1871.

[3] Roller, Der centrale Verlauf des N. access. Willisii. Zeitschr. für Psychiatrie, Bd. 37, S. 10 u. 17.

[4] Darkschewitsch, Über den Ursprung des N. accessorius. Arch. f. Anatomie u. Physiologie 1884, S. 376.

zeugen und erst nach mehrfachen Misserfolgen und nachdem er offenbar immer höher gelegene Wurzelfasern in sein Operationsgebiet einbezogen hatte, trat Stimmlosigkeit ein.

Schon Morganti[1], der den Nerven ebenfalls im Wirbelcanal durchtrennt hat, betont, dass er beim Kaninchen dem beide Accessorii durchschnitten wurden, so zwar, dass nur noch 3—4 Filamente in Verbindung mit dessen Centrum blieben, nicht die geringste Schwächung der Stimme wahrnehmen konnte.

Navratil[2] durchtrennte den Accessorius noch bevor er, wie er meint, eine Mischung mit dem Vagus eingeht; also tiefer unten im Wirbelcanal, ohne dass der Eingriff auf die Stimmbandmuskeln irgend einen Einfluss ausgeübt hätte.

Auch Bernard vermochte durch die centrale Durchtrennung keine merkliche Veränderung am Larynx zu erzielen und erst als er seine Methode der peripheren Ausreissung in Anwendung brachte, sah er die mehrerwähnten Folgezustände,

Ob aber die in der Med. oblongata höher gelegenen Wurzelfasern, nach deren Durchtrennung Bischoff Aphonie erzielte und der jenseits des Foramen jugulare gelegene Ramus internus thatsächlich nur aus reinen Accessoriusfasern bestehen oder aber zum Vagus gehören, bleibt trotz der zahlreichen und sorgfältigen Versuche noch bis zur Stunde eine offene Frage.

Die Beweise, die uns zu Gunsten der motorischen Natur des Ramus internus nervi accessorii aus dem Gebiete der Pathologie vorgeführt werden, erscheinen ebenfalls nicht über allen Zweifel erhaben.

Dass die verschiedenartigsten cerebralen Erkrankungen auf die M. oblongata übergreifen und den Accessorius in gleicher Weise in Mitleidenschaft ziehen können, wie es die progressive Bulbaerparalyse sehr oft und auch die Tabes dorsualis zuweilen zu thun pflegt, ist ja eine allbekannte Thatsache. Diese Fälle entbehren jedoch jedweder Beweiskraft, da man nie mit Bestimmtheit sagen kann, ob die einzelne Lähmungserscheinung bloss

---

[1] Morganti, Über der N. accessorius. Schmidt's Jahrb., Bd. XLII, S. 280.

[2] Navratil, Versuche an Thieren über die Function der Kehlkopfnerven, Berl. klin. Wochenschr., 1871, Nr. 33.

dem Accessorius- oder dem miterkrankten Vaguskern zuzuschreiben sei.

Aber auch jene klinischen Fälle, die man als reine Accessoriuslähmung beschrieben hat (Erb,[1] Seeligmüller,[2] Benno Holz,[3] Charcot[4]) und als classische Zeugen für die motorische Natur des Ramus internus dieses Nerven anzuführen pflegt, scheinen nicht die Eignung zu besitzen, diese Frage endgiltig zu entscheiden.

Der einzige Sectionsbefund, der im Falle Charcot's aufgenommen wurde, lehrte, dass die Ursprungsfäden des Hypoglossus, Vagus, Glosso-pharyngeus und des Accessorius beiderseits als dünne Filamente von lichtgrauer Färbung erschienen; dass sich Veränderungen nicht allein an den Ganglien der Vorderhörner (Anhäufung von gelbem Pigment, Verkürzung, Schwund der Fortsätze, Verringerung des Durchmessers und Fehlen des Kernes und Kernkörperchens), sondern auch an den Zellen des Kernes des Hypoglossus, Accessorius, Vagus und an einer Zellengruppe, die von Clarke dem Facialis zugeschrieben wurden, nachweisen liess.

Wie wäre es nun möglich auf Grund dieses Befundes mit Bestimmtheit zu sagen: diese oder jene Lähmungserscheinung rühre nur von der Erkrankung des Accessoriuskerns her?

In den weiteren drei Fällen aber, wo eine Section nicht vorgenommen wurde, ist die Beweisführung nur auf Hypothesen aufgebaut. Die Lehre von dem centralen Ursprunge der peripheren Kehlkopfnerven und der Herkunft ihrer motorischen Elemente ist also bis heute noch zu keinem Abschlusse gelangt.

Bei unserer Versuchsanordnung beschränkten wir uns darauf, die aus der Med. oblongata fächerförmig entspringenden zarten Nervenbündel, noch bevor sie in das Foramen jugulare eindringen, der Reihe nach in der geschilderten Weise experimentell zu prüfen.

---

[1] Erb, Archiv für Klin. Medicin, Bd. IV.

[2] Seeligmüller: Archiv für Psychiatrie, Berlin. 1872.

[3] Benno Solz: Lähmung des r. Beynerven, Dissert. Berlin 1877.

[4] Charcot, Note sur un cas de paralysie glosso-laryngée suivi d'autopsie, Arch. de Physiol. pag. 246—260.

Ob die einzelnen Faserbündel dem Vagus oder dem Accessorius angehören, haben wir nicht weiter analysirt, glauben vielmehr, durch die Feststellung der Functionen derselben, soweit sie den Kehlkopf betreffen, und ihrer Beziehungen zu den peripheren Kehlkopfnerven, diese verwickelten Verhältnisse dem Verständnisse näher gerückt zu haben.

Welche dieser, nun functionell charakterisirten Bündel dem Ner. vagus und welche dem Accessorius angehören, wird so lange ein Wortstreit bleiben, bis eine Grenze der beiden Kerne dieser Nerven anatomisch unzweifelhaft festgestellt ist.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XCVIII. Band. X. Heft.

ABTHEILUNG III.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie, des Menschen und der Thiere; sowie aus jenem der theoretischen Medicin.

XXV. SITZUNG VOM 5. DECEMBER 1889.

Der Secretär legt das erschienene Heft IX (November 1889) des X. Bandes der Monatshefte für Chemie vor.

Das c. M. Herr Prof. Dr. G. v. Escherich übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Zur Theorie der zweiten Variation" (Fortsetzung).

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

1. „Eine Studie über die Urkraft", von Herrn Julius Rustler, k. und k. Hauptmann des Ruhestandes in Görz.
2. „Zur Invariantentheorie der Liniengeometrie", von Herrn Emil Waelsch, Assistent an der k. k. deutschen technischen Hochschule in Prag.

Ferner legt der Secretär ein versiegeltes Schreiben behufs Wahrung der Priorität von Herrn Franz Doms in Gablonz a. N. (Böhmen) vor, welches die Aufschrift führt: „Ausarbeitung über ein Kürzungsverfahren in der Multiplication, Division, im Quadraterheben und Quadratwurzelausziehen, Cubiren und Ausziehen der Cubikwurzel."

Herr Dr. Gottlieb Adler, Privatdocent an der k. k. Universität in Wien überreicht eine Abhandlung: „Über die Veränderung elektrischer Kraftwirkungen durch eine leitende Wand."

Das w. M. Herr Director E. Weiss spricht über den von Herrn Lewis Swift am 17. November d. J. in Rochester (N. Y.) entdeckten Kometen.

Herr Dr. K. Ant. Weithofer, Assistent am paläontologischen Institute der k. k. Universität in Wien, überreicht eine Abhandlung: „Über Jura und Kreide aus dem nordwestlichen Persien."

Herr Dr. J. Holetschek, Adjunct der k. k. Universitätssternwarte zu Wien, überreicht eine Abhandlung: „Über die Vertheilung der Bahnelemente der Kometen".

Selbständige Werke oder neue, der Akademie bisher nicht zugekommene Periodica sind eingelangt:

Annales del Museo Nacional. Republica de Costa Rica. Tomo I. Anno de 1887. San José, 1888; 8°.

XXVI. SITZUNG VOM 12. DECEMBER 1889.

Der Secretär legt das erschienene Heft VII (Juli 1889) des Bandes 98, Abtheilung II. a. der Sitzungsberichte vor.

Das w. M. Herr Regierungsrath Prof. E. Mach in Prag übersendet eine vorläufige Mittheilung: „Über den Einfluss des Öles auf die Erregung der Wellen durch Wind".

Das c. Mitglied Herr Prof. R. Maly in Prag übersendet zwei Abhandlungen aus dem medicinisch-chemischen Laboratorium in Bern:

1. „Über die Verbindung der flüchtigen Fettsäuren mit Phenolen", von Prof. M. v. Nencki, und
2. „Über die Zersetzung des Leims durch anaërobe Spaltpilze", von Leon Selitrenny.

Herr Prof. Dr. Ph. Knoll in Prag übersendet eine Abhandlung: „Über Wechselbeziehungen zwischen dem grossen und kleinen Kreislaufe".

Das w. M. Herr Prof. E. Weyr überreicht eine Abhandlung von Prof. Dr. T. H. Schoute an der Universität in Groningen: „Zum Normalenproblem der Kegelschnitte".

XXVII. SITZUNG VOM 19. DECEMBER 1889.

Herr Prof. Dr. Anton Fritsch in Prag übermittelt Band II, Heft 4 seines mit Unterstützung der kaiserlichen Akademie herausgegebenen Werkes: „Fauna der Gaskohle und der Kalksteine der Permformation Böhmens", enthaltend die Ordnung Selachii *(Orthacanthus)*. (Mit 10 Tafeln.) Prag 1889; Folio.

Das w. M. Herr Hofrath Prof. L. Boltzmann in Graz übersendet eine Abhandlung des Herrn Victor v. Dantscher: „Über die Ellipse vom kleinsten Umfange durch drei gegebene Punkte".

Das c. M. Herr Regierungsrath Prof. A. Bauer in Wien übersendet eine Arbeit aus dem chemischen Laboratorium der k. k. Staatsgewerbeschule in Bielitz: „Über Phenylammelin und Phenylisocyanursäure", von A. Smolka und A. Friedreich.

Herr Prof. Dr. Ph. Knoll in Prag übersendet eine Abhandlung: „Über Incongruenz in der Thätigkeit der beiden Herzhälften".

Das w. M. Herr Hofrath Director Dr. Steindachner berichtet über eine von Prof. O. Simony auf den Roques del Zalmor bei Hierro (Canarische Inseln) entdeckte neue Eidechsenart von auffallender Grösse, *Lacerta Simonyi* Steind.

Das w. M. Herr Director E. Weiss berichtet über den in den Abendstunden des 12. December von Borelly in Marseille entdeckten teleskopischen Kometen.

